Untersuchungen

über den

Zuwachsgang und den anatomischen Bau der Esche

(Fraxinus excelsior.)

Inaugural-Dissertation

der

hohen staatswirtschaftlichen Fakultät der Universität München

zur

Erlangung der Doktorwürde

vorgelegt von

Felix Schneider

gepr. bayer. Forstpraktikant.

M. Rieger'sche

Universitäts-Buchhandlung

München, Odeonsplatz 2

1896.

Untersuchungen

über den

Zuwachsgang und den anatomischen Bau der Esche

(Fraxinus excelsior.)

Inaugural-Dissertation

der

hohen staatswirtschaftlichen Fakultät der Universität München

zur

Erlangung der Doktorwürde

vorgelegt von

Felix Schneider

gepr. bayer. Forstpraktikant.

M. Rieger'sche

Universitäts-Buchhandlung

München, Odeonsplatz 2

1896.

Sonderabdruck aus der Forstlich-naturwissenschaftlichen Zeitschrift.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41534912_0103

Die möglichst vorteilhafte Benutzung eines Gegenstandes setzt immer die spezielle Kenntnis seiner äußern und innern Beschaffenheit voraus. Wie jeder Produzent sich bemüht, das Rohprodukt, aus welchem er seine Ware fertigt, genau nach allen Seiten kennen zu lernen, um den möglichst größten Nutzen daraus zu ziehen und seinen Gebrauchswert zu erhöhen, so muß es auch Aufgabe des Forstmannes sein, das Rohprodukt der Wälder, das Holz, bezüglich seiner Eigenschaften und der dadurch bedingten Verwendungsfähigkeit, wenigstens bis zu einem gewissen Grade beurteilen zu lernen; mit diesen Worten leitet Professor Dr. Karl Gayer den ersten Teil seiner Forstbenutzung ein. Da nun die Eigenschaften, welche die Gebrauchsfähigkeit der verschiedenen Hölzer bedingen, auf die Verschiedenartigkeit der anatomischen und physiologisch-chemischen Beschaffenheit zurückzuführen sind, so folgt hieraus als Pflicht für die wissenschaftliche Forschung, dem ausübenden Forstmanne die Möglichkeit an die Hand zu geben, auf Grund der gewonnenen Kenntnisse die Bedarfsbefriedigung am vollkommensten zu erreichen, dem zu erziehenden Produkte den höchsten Wert zu verschaffen, und gleichzeitig den in der Praxis schon bekannten Thatsachen, d. h. der Erfahrung, eine wissenschaftliche Aufklärung zu geben.

Aus diesen Gründen haben sich die verschiedensten Forscher mit der Untersuchung der Eigenschaften der Hölzer beschäftigt; einer der ersten war vor ca. 130 Jahren Duhamel du Monceau, dann folgen E. Chevandier und Wertheim, Th. Hartig („Vollständige Naturgeschichte der forstlichen Kulturpflanzen Deutschlands"), H. Nördlinger („Technische Eigenschaften der Hölzer für Forst- und Baubeamte, Technologen und Gewerbetreibende," Stuttgart, 1860). In neuerer Zeit wandten sich mehrere Forscher der Ermittlung einzelner technischer Eigenschaften, wie Biegsamkeit und Festigkeit, zu; einschlägig sind hier Nördlinger, Haupt und Thurston, Fischer, Bauschinger und Tetmejer; Bauschinger bringt die Schwankungen der Zugfestigkeit mit dem spezifischen Gewichte in Beziehung, (cfr. Mitteilungen aus dem mechanisch-technischen Laboratorium der technischen Hochschule München, 1882). Weitere Untersuchungen teilt Gayer in seiner Forstbenutzung, Berlin 1888, mit, ferner Baur in den Untersuchungen

über Festgehalt und Gewicht ꝛc. ꝛc., 1879, über Gewicht und Volumen ꝛc. ꝛc. des Holzes, forstwissenschaftliches Zentralblatt 1892.

Unabhängig von diesen zahlreichen und eingehenden Untersuchungen bildete R. Hartig eine Methode der Forschung aus, die es ermöglichte, nicht allein die Verschiedenheiten des Holzes nach Baumhöhe und Baumalter, sondern auch nach Standort, Erziehungsweise und Klima mit wissenschaftlicher Klarheit zu erkennen. Er ging dabei von der Ansicht aus, daß innerhalb derselben Holzart das spezifische Trockengewicht den besten Maßstab zur Beurteilung der meisten andern technischen Eigenschaften abgebe, was denn auch durch die Bauschinger'schen Resultate bestätigt wurde. Durch anatomische Untersuchungen suchte Hartig für die Verschiedenheit des Holzgewichtes eine wissenschaftliche Erklärung zu finden.

Der neuen Methode bediente sich dann eine Reihe von Forschern, die ähnliche Ziele verfolgten.

Von den diesbezüglichen R. Hartig'schen Arbeiten sind hier anzuführen: Das Frisch- und Trockengewicht, der Wassergehalt und das Schwinden des Kiefernholzes, Springer, 1874; Untersuchungen aus dem forstbotanischen Institut zu München, Teil II und III, 1882 und 1883; das Holz der deutschen Nadelwaldbäume, 1885; das Fichten- und Tannenholz des bayerischen Waldes (Zentralblatt für das gesamte Forstwesen 1888); das Holz der Rotbuche, von Hartig und Weber, 1888; in der Folge veröffentlichte R. Hartig eine Reihe von Abhandlungen in der forstlich-naturwissenschaftlichen Zeitschrift: Die Verschiedenheiten in der Qualität und im anatomischen Bau des Fichtenholzes, 1892; Untersuchungen über die Entstehung und die Eigenschaften des Eichenholzes, 1894; Untersuchungen des Wachstumganges der Eiche im Guttenberger- und Gramschatzerwalde bei Würzburg und im Forstamte Freising und Starnberg bei München; Untersuchungen des Baues und der technischen Eigenschaften des Eichenholzes, 1895; Wachstumsuntersuchungen an Fichten, und endlich das Rotholz der Fichte, 1896.

In der Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen, 1892 und 1894, finden sich von Schwappach: Beiträge zur Kenntnis der Qualität des Kiefernholzes, sowie Beiträge zur Qualität des Rotbuchenholzes. In der forstlich-naturwissenschaftlichen Zeitschrift wurden weitere Arbeiten veröffentlicht von Stauffer, Untersuchungen über das spezifische Trockengewicht, sowie den anatomischen Bau des Holzes der Birke, 1892; von Bertog, Untersuchungen über den Wuchs und das Holz der Weißtanne und Fichte, 1895; von Omeis, Untersuchung eines 110jährigen Kiefernbestandes 1895; von Eichhorn, Untersuchungen über das Holz der Roteiche, 1895.

Aus der vorhandenen Literatur, in welcher sich immer mehr das Streben geltend machte, die Qualität des Holzes in verschiedenen Baumhöhen, Altersstufen, in Bezug auf Standort, Klima, Erziehung und Bewirtschaftung zu er-

forschen, ist zu ersehen, daß, abgesehen von einigen zerstreuten Angaben, über die Esche noch keine systematische Bearbeitung vorliegt.

Auf Anregung des Herrn Professor Dr. Robert Hartig, unter dessen Leitung ich die der vorliegenden Arbeit zu Grunde liegenden Untersuchungen im botanischen Laboratorium der forstlichen Versuchsanstalt ausführte und dem ich auch an dieser Stelle den gebührenden Dank ausspreche, nahm ich die Untersuchung dieser Holzart mit um so größerem Interesse auf, als ich während zweier Jahre meiner forstlichen Praxis Gelegenheit hatte, an Forstämtern zu verweilen, in denen dem Anbau und der Nachzucht der Esche ein besonderes Feld eingeräumt ist. Bevor ich an die Mitteilung der Ergebnisse meiner Arbeit gehe, habe ich mich noch der angenehmen Pflicht zu entledigen, meinem frühern Amtsvorstande, Herrn k. Forstmeister Karl Striegel in Freising, für die liebenswürdige Überlassung des notwendigen Untersuchungsmaterials aus Forst und Au hier meinen verbindlichen Dank auszusprechen.

Zuwachsuntersuchungen.

Untersuchungsmaterial und -methode.

Das von mir benutzte Untersuchungsmaterial entstammt einem gut gedeihenden Eschenhorste, der sich wenige 100 m östlich der Plantage des k. b. Forstamtes Freising befindet. Die Waldungen des letzteren liegen nördlich von München auf einer zwischen dem Isar- und Amperthal sich hinziehenden Hügelreihe, und stocken zum großen Teile auf einem Boden, der aus Tertiärbildungen entstanden ist; der oft tiefgründige, meist sehr fruchtbare, sandigthonige Boden ist von gelblicher bis bräunlicher Farbe. Seine natürliche Ergiebigkeit wird nicht unwesentlich durch den Hinzutritt mehrerer Ablagerungen von durch Anschwemmung erzeugtem, jüngerem Lößlehm, sowohl auf den Höhen wie an den Thalwänden, erhöht. Die Unterscheidung von Lößlehm und tertiärem Zersetzungslehm ist nicht immer sicher durzuführen; letzterer enthält mehr Glimmerschüppchen, aber keine Lößconchilien.

Die durchschnittliche absolute Höhe des Terrains beträgt 500 m über dem mittelländischen Meere, die mittlere Jahrestemperatur + 6 bis 7° R., die jährliche mittlere Regenmenge 660 mm. Früh- und Spätfröste sind ziemlich häufig.

Auf diesem Gebiete herrschen Fichte und Tanne vor, doch treten daneben fast alle andern Holzarten in reinen oder gemischten Beständen mit gutem Wuchse auf. In unmittelbarer Nähe des 55 jährigen Eschenhorstes grenzt ein 56 jähriger Eichenbestand an, der auf ganz ähnlichen Standortsverhältnissen den besten Eichenwuchs des Forstamtes repräsentieren dürfte.

Aus dem genannten Horste wurden fünf Stämme mit den Brusthöhendurchmessern 38, 32, 26, 24 und 19 cm mit Rinde ausgesucht; die Meßhöhe von 1,3 m sowie die Himmelsrichtung entsprechend bezeichnet. Die Fällung

geschah möglichst nahe der Erdoberfläche, im Durchschnitt in 0,10 m Höhe. An der Stockabschnittsstelle des Stammes ließ ich zunächst eine Walze von 18 cm Höhe und eine Querscheibe von 2 cm Dicke, in Brusthöhe und für jede der drei Meter langen Sektionen zuerst je eine gleich dicke Scheibe und dann eine gleich hohe Walze ausschneiden. Aus den letzteren spaltete ich auf der Ost- und Westseite je einen bis an die Markröhre reichenden Keil aus, signierte die anfallenden Stücke sorgfältig und bewahrte das gewonnene Untersuchungsmaterial, nachdem die stärker verdunstenden Hirnseiten der Walzenstücke mit Wachssalbe bestrichen waren, in feuchten Säcken auf. Dadurch wurde eine Überführung in das botanische Institut in möglichst waldähnlichem Zustande durchführbar; unter thunlichster Beschleunigung schloß sich hieran die Feststellung des Frischgewichts und des Frischvolumens.

Nachdem diese Arbeiten erledigt waren, nahm ich die Zuwachsuntersuchungen vor, und erst nach Beendigung der sämtlichen übrigen Ermittlungen erfolgte die Aufnahme der Probefläche; da der Bestand nicht als gleichmäßig zu bezeichnen ist, hatte ich bei meinem vorliegenden Thema nicht auf eine Probefläche reflektiert. Nachträglich hatte ich es jedoch für zweckmäßig erachtet, im Interesse der möglichsten Vollständigkeit, eine solche Aufnahme durchzuführen, um mir ein Bild von der Stammzahl und der Stammgrundfläche des fraglichen Bestandes zu verschaffen. Ich bemerke, daß ich mich hiebei an das R. Hartig'sche Verfahren gehalten habe; ich steckte mir mit Hilfe einer Winkeltrommel eine rechtwinklige Fläche von 26 m Länge und 19 m Breite ab und bestimmte für sämtliche Eschen in 1,3 m Höhe den Durchmesser mit Rinde. Für diese Stämme konnte ich die gesamte Stammgrundfläche leicht und genau ermitteln; es wäre nun im weitern diese Zahl in annähernd fünf gleiche Teile zu zerlegen, und wären die Bäume des Bestandes nach ihrer Stärke so in die Klassen einzureihen, daß jede derselben eine annähernd gleich große Stammgrundfläche besitzt. Wegen der nachträglich erfolgten Aufnahme der Fläche konnte ich dies nicht durchführen, sondern mußte, um die Probestämme richtig einzuschalten, die Klassen sehr ungleich dotieren; außerdem war es bei der Fällung der Modellstämme nicht möglich gewesen, gerade die genauen Durchschnittsstärken zu wählen. Ich suchte nun dadurch auszugleichen, daß ich mit der Stammgrundfläche des Modellstammes in die der Klasse dividierte und mir dadurch eine berechnete Stammzahl verschaffte, mit der der Inhalt des Probestammes zu multiplizieren ist, um den Gehalt der ganzen Klasse zu bekommen. Die aus diesen Erhebungen gewonnenen, auf 1 ha reduzierten Zahlen teile ich in Tabelle I mit; in dieselbe habe ich des Überblickes wegen aus den spätern Einzeluntersuchungen einige allgemeine Resultate eingetragen. Die Besprechung des Verfahrens, welches ich bei den Detailuntersuchungen anwendete, schicke ich am besten jeweils dem betreffenden Abschnitt voraus.

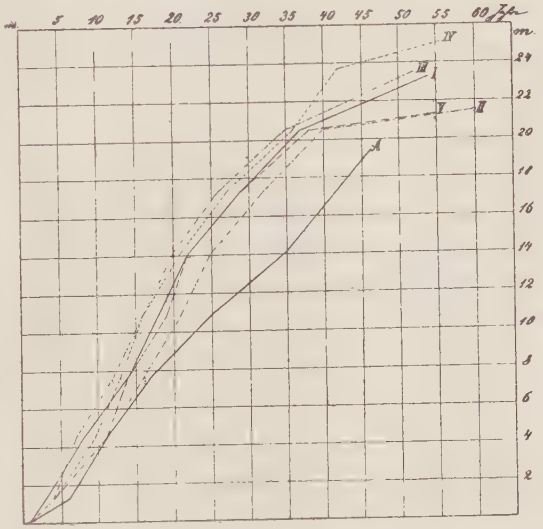
Nach Durchführung der Untersuchung der im Dezember gefällten Bestandseschen führte ich dieselbe Arbeit im Frühjahr für eine vollständig im

Freistand erwachsene Esche aus der Isarau bei Freising durch, wobei ich jedoch die Ermittlung des weniger wichtigen spezifischen Frischgewichts und des Wassergehaltes außer Berechnung ließ.

Höhenzuwachs.

Die in den verschiedenen Stammhöhen entnommenen Scheiben dienten zunächst zur Bestimmung des Alters der Stämme an diesen Stellen; aus den gefundenen Angaben konstruierte ich mit Benützung der Alterszahlen als Abscissen und der Höhen als Ordinaten die diesbezüglichen Höhenkurven und interpolierte aus diesen die Höhen von fünf zu fünf Jahren. Die Tabelle II läßt den Verlauf der Kurven, Tabelle III die Höhe in den verschiedenen Altersstufen, sowie den jährlichen Höhenzuwachs im Einzelnen und im Mittel ersehen.

Tabelle II.



Darstellung des Höhenwachstums.

Es fällt daselbst der frühe Eintritt des Maximalhöhenzuwachses von Stamm III auf, der gerade gelegentlich der spätern Untersuchungen sehr regelmäßige Resultate geliefert hat; für die Stämme IV und V kulminiert der ganz bedeutende jährliche Höhenzuwachs mit 96, bezw 90 ziemlich frühzeitg, während das Mittel für die fünf Stämme mit 76 cm pro Jahr zwischen 15. und 20. Jahre das Maximum aufweist. Dieses abweichende Verhalten in der Jugendperiode ist jedenfalls auf die Wirkung äußerer Verhältnisse, möglicherweise auf das Einwirken der jungen Pflanzen auf einander, auf die Erziehungsweise ꝛc. zurückzuführen.

Zum Vergleiche entnehme ich aus Professor Weber's Lehrbuch der Forsteinrichtung einige Zahlen aus den Untersuchungen von G. Heyer über das Höhenwachstum verschiedener Holzarten auf Standorten in der Nähe von Gießen, die dieser für die Esche gefunden hat (cfr. G. Heyer, das Verhalten der Waldbäume gegen Licht und Schatten).

Bei einem Alter von

10 20 30 40 50 60 70 Jahren

Tabelle I.

Stammklasse	Stammzahl wirkliche	Stammzahl berechnete	Durchmesser in 1.3 m Höhe von — bis	Durchmesser in 1.3 m Höhe mittlerer	Stammgrundfläche	Der Probestämme: Höhe	Durchmesser in 1.3 m Höhe mit ganzer Rinde	Durchmesser in 1.3 m Höhe mit grün. Rinde	Durchmesser in 1.3 m Höhe ohne Rinde	Schaftinhalt mit ganzer Rinde	Schaftinhalt mit grüner Rinde	Schaftinhalt ohne Rinde	Kronenansatz	Rindenprozent	Formzahl	Substanzmenge in 1 cbm frischen Holzes	Trockensubst. pro Stamm ohne Rinde	Spezifisch. Trockengewicht	Des Bestandes: Schaftholz mit ganzer Rinde	Schaftholz mit grün. Rinde	Schaftholz ohne Rinde	Trockensubstanz ohne Rinde
			cm	cm	qm	m	cm	cm	cm	cbm	cbm	cbm	m	*					cbm	cbm	cbm	kg
I	40	43.0	41—38	39.5	4.908	23.3	38.09	37.52	36.47	1.14 442	1.10 803	1.02 874	11.4	10.1	431.4	594	611	74.6	49.2	47.6	44.2	26 277
II	138	135.5	36—31	33.5	11.336	21.5	32.63	32.08	31.38	0.93 775	0.90 277	0.85 247	16.1	9.1	521.5	610	520	73.1	127.1	122.3	115.5	70 460
III	157	170.0	29—27	28.0	9.507	23.5	26.68	26.26	25.50	0.63 903	0.62 279	0.57 702	16.0	9.7	486.4	614	354	71.7	108.6	105.9	98.1	60 180
IV	98	98.5	26—24	25.0	4.739	25.7	24.75	24.48	23.70	0.64 224	0.63 026	0.58 257	18.2	9.3	519.4	586	341	67.8	62.3	62.1	57.4	33 589
V	137	150.3	23—19	21.0	4.511	21.3	19.55	19.20	18.58	0.34 441	0.33 067	0.30 199	18.3	11.7	538.6	614	185	69.8	51.8	49.7	45.4	27 806
Ganzer Bestand	570	597.3	—	28.0	35.001	23.1	—	—	—	0.684	0.680	0.633	—	—	50.0	603	—	71.4	399.0	387.6	360.6	218 312
A	—	—	—	—	—	19.3	44.58	44.20	43.05	0.92 108	0.90 471	0.85 016	5.0	7.7	305.7	604	513	71.4	—	—	—	

* Bezogen auf Schaft mit Rinde.

Tabelle III.

Höhenwuchs.

Alter	Höhe in m: I	II	III	IV	V	Mittel	A	Jährlicher Höhenzuwachs in cm: I	II	III	IV	V	Mittel	A
5	2.5	2.3	2.0	1.9	1.0	1.9	1.0	50	46	40	38	20	38	20
10	5.5	4.1	6.3	5.2	3.8	4 9	3.9	60	36	**86**	66	56	60	58
15	8.4	6.9	10.0	10.0	8.3	8.7	6.9	58	56	74	**96**	**90**	74	**60**
20	12.7	10.3	14.1	13 5	12.0	12.5	9.0	**86**	68	82	70	74	**76**	42
25	15.7	14 1	16.9	16.4	15.6	15.7	10.9	60	**76**	56	58	72	34	38
30	17.7	16.6	18.9	18.6	17.7	17.9	12.6	40	50	40	44	42	42	34
35	19.8	18.7	20.5	20.1	19.6	19.7	14.1	42	42	32	30	38	36	30
40	21.3	20.5	21.6	22.6	20.7	21.3	16.3	30	36	22	50	22	32	44
45	22.2	21.0	22.5	24.3	21.1	22.2	19.3	18	10	18	34	8	16	**60**
50	22.8	21.3	23.3	25.1	21.2	22.7	.	12	6	16	16	2	10	.
55	23.3	21.4	23.6	25.7	21.3	23.0	.	10	2	6	12	2	6	.

betrug die Höhe der einzelnen Probestämme nach Heyer

0,3 5,3 11,0 16,3 20,0 22,75 24,75 m;

nach den von mir untersuchten Modellstämmen

4,9 12,5 17,9 21,3 22,7 für die Bestandseschen,

3,9 9,0 12,6 16,3 für die Auesche.

Es ist hieraus zu erkennen, daß im Vergleich zu jenen Zahlen die Eschen des Bestandes durchgehends eine raschere Zunahme des Höhenzuwachses zeigen, während die Auesche schon im 40. Jahre nach rascherem Jugendwachstum nur mehr die gleiche Höhe mit den Heyer'schen Eschen aufweist.

Da der Vergleich mit den Ermittlungen über die Höhe anderer Holzarten wegen der Standortsverschiedenheiten eine beschränkte wissenschaftliche Bedeutung hat, so ziehe ich nur die von R. Hartig untersuchte Eiche, sowie die Fichte und Tanne nach Bertog in Betrachtung, deren Untersuchungsmaterial auf einem annähernd gleichen Standorte in geringer Entfernung vom Eschenhorste wurzelte. Die Eiche erreichte im 56jährigen Alter eine mittlere Höhe von 17,6 m, ihr jährlicher Höhenzuwachs kulminierte mit 10,5 m zwischen dem 10. und 15. Jahre und war in der letzten Zeit auf 0,23 m gesunken. Nach Bertog kulminierte der Zuwachs an Höhe für die Mehrzahl seiner Probestämme zwischen 31 und 40 Jahren, nur für zwei derselben ein Jahrzehnt später. Die Betrachtung der von beiden Forschern gefundenen Zahlen ergibt, daß auf dem fast gleichen Standorte die Esche ein ganz erstaunliches Höhenwachstum hat, das nicht nur jenes der Eiche weit übertrifft, sondern auch Fichte und Weißtanne, die gerade in Freising ein sehr frohwüchsiges Gedeihen zeigen, in dem gegebenen Alter bedeutend überholt.

Im allgemeinen darf man für die im Bestande erwachsenen Eschen folgern, daß der jährliche Höhenzuwachs nach frühzeitig erreichtem Maximum durchwegs, aber in einem langsamern Tempo abnimmt. Ein hievon abweichendes Verhalten ist für die Auesche zu konstatieren; ihr Höhenzuwachs erreicht zwischen 10 und 15 Jahren ein Maximum, fällt zuerst rasch, dann stetig bis zum 35. Jahre, um sich von da an zu dem bereits einmal erreichten Maximum von 60 cm emporzuschwingen. Ich möchte diese Erscheinung auf wirtschaftliche Eingriffe im Unterholz zurückzuführen.

In der Hauptsache steht fest, daß vom ca. 15jährigen Alter an der Zuwachs bei allen Stämmen ziemlich gleichmäßig und daß der im Freistande erwachsene Stamm A trotz seines bedeutenden Massenzuwachses viel niedriger geblieben ist.

Flächenzuwachs.

Gelegentlich der im vorigen Abschnitt erwähnten Jahrringzählungen wurden nach dem bekannten sektionsweisen Zuwachsverfahren die Durchmesser der einzelnen Stämme in jeder Sektionshöhe von fünf zu fünf Jahren ermittelt. Diese Zahlen benützte ich, um eine schematische Darstellung der sechs Probestämme zu zeichnen, die sich in Tabelle IV (s. Beilage) findet. An den einschlägigen

Stellen fügte ich zum Zwecke der raschen Uebersicht die Zahlen für die Trockensubstanz und das Schwindeprozent ein. Zur Erläuterung erwähne ich ferner, daß ich in der Zeichnung, sowie in den verschiedenen Tabellen, den Kronenansatz durch eine punktierte Linie und die Höhe der bei I und II vorgenommenen Entastung, sowie die Zeit dieser Manipulation durch eine strichpunktierte Linie bezeichnete; die Zeit, in welcher die später zu besprechende Beeinflussung des Zuwachsganges durch Ästung ꝛc. eintrat, ist in der graphischen Darstellung durch Verstärkung der betreffenden Periodenlinie markiert. Die gleichzeitig gefundenen Ringbreiten und den jährlichen Flächenzuwachs pro Jahr, bezogen auf die letzte Periode, habe ich in Tabelle VII angegeben.

Aus dem dortigen Zahlenmateriale ist ersichtlich, daß der Flächenzuwachs mit wachsender Höhe fast durchgängig abnimmt, wenn man von abnormen Verhältnissen absieht; mit dem Alter steigert er sich bei den Stämmen I mit V bis zu einem Maximum, sinkt dann langsam oder bleibt sich teilweise annähernd gleich. Bei Schatten ertragenden Baumarten ändert sich dies bekanntlich vom Beginn der Unterdrückung an, insoferne sich der Zuwachs im Stamme gleich beibt oder nach oben zunimmt. Schon R. Hartig hat darauf aufmerksam gemacht, daß diese Zuwachsform fast nur bei Lichtholzarten vorkommt, da die unterdrückten Stämme schnell absterben. Stamm V läßt besonders im 35—45jährigen Alter fast ein Gleichbleiben der Flächengröße im Schafte erkennen, und nur die unterste Sektion wächst stärker als die übrigen.

Anders verhält sich die Ringbreite; diese nimmt bei den Bestandseschen im allgemeinen namentlich im jüngern Alter nnd in der Krone von unten nach oben zu, von innen nach außen ab. Die Ringe der in der Krone gelegenen obersten Sektionen zeigen fast durchgehends sehr hohe Maße. Trotz dieser Zunahme der linearen Ringbreite ist das Wachsen der Fläche nach unten zu konstatieren; ähnlich verhält es sich in den verschiedenen Altersstufen.

Die Auesche weicht teilweise hievon ab; bei ihr nimmt der Flächenzuwachs zwar ebenfalls von unten nach oben ab, von innen nach außen bis zum Maximum zu, dann ab, während die Ringbreite mit der Höhe und im astfreien Schafte mit wachsendem Alter abnimmt, in der Krone dagegen von innen nach außen eine Zunahme verzeichnet.

Das in Tabelle V niedergelegte Zahlenmaterial läßt erkennen, daß der jährliche Durchmesserzuwachs in Brusthöhe zwischen 10. und 25. Jahre sein Maximum erreicht und daß Durchmesser und Höhe fast gleichzeitig kulminieren.

Ein Vergleich der einzelnen Stämme unter einander bestätigt den Satz, den Professor Weber in seiner Lehre vom Holzzuwachs aufgestellt hat, daß dominierende Bäume ihre Stammgrundfläche mit vermehrfachter Energie als die beherrschten Stammklassen vergrößern und daß sich hiebei zuweilen eine regelmäßige Gradation konstatieren läßt; der Zuwachs steigt von dem beherrschten bis zu den dominierenden Stämmen, weil ersterer nur über eine kümmerlich entwickelte Krone mit wenig Blattorganen, letztere in steigendem Verhältnisse über eine immer größere belichtete Blattflächensumme verfügen.

Massenzuwachs.

Der Schaftinhalt wurde für fünfjährige Perioden und zwar für die ganze oberirdische Masse mit Einschluß des Stockes ermittelt. Die früher bestimmten Kreisflächen dienten als Mittelflächen von 3,2 m langen Sektionen zur Berechnung des betreffenden Inhalts. Im untersten Stammteile verblieb eine Walze von 1,3 + 1,6 m Höhe, so daß die zur Verfügung stehende Kreisfläche um 15 cm zu tief liegt, somit ein zu großes Resultat liefern würde. Professor R. Hartig hatte auf Grund zahlreicher Untersuchungen festgestellt, daß ein auch für streng wissenschaftliche Arbeiten genügender Ausgleich geschaffen sei, wenn man zur Berechnung des fraglichen Körpers eine Höhe von 2,8 statt 2,9 annimmt; ich bemerke hiebei, daß bei den einen Holzarten ein stärkerer, bei den andern, zu denen auch die Esche gehört, ein geringerer Wurzelanlauf vorhanden ist. Ich habe nun trotzdem dieses Verfahren angewendet, obgleich es möglich ist, daß bei dem geringen Anlauf die Korrektur auf 2,8 m etwas zu stark wirkt; allein nachdem ich in dieser Beziehung keine spezielle Untersuchung vorgenommen hatte, glaube ich durch die angeführte Reduktion dem wirklichen Schaftinhalte am nächsten zu kommen. Ich teile denselben in der Tabelle V mit: er erreicht für das nur 55jährige Bestandsalter eine ansehnliche Höhe. Genauere Übersicht verschafft der jährliche Zuwachs an Schaftinhalt; er kulminiert für I und II zwischen dem 35. und 40., für III und IV, d. h. für die mittelstarken Stämme, zwischen dem 45. und 50. Jahre. Daraus folgt, daß der Volumzuwachs von Jugend an eine steigende Tendenz hat und daß für die ersten vier Stämme das Maximum zwischen dem 30. und 50. Jahre eintritt, dann jedoch sinkt, wenn nicht abnorme Verhältnisse eintreten. Stamm V lasse ich wegen der vor 22 Jahren stattgehabten und nicht ganz sicher zu bezeichnenden starken Zuwachsstörung hier außer Betracht.

Die Erklärung zu dem obigen Verhalten könnte man vielleicht darin suchen, daß die ersten Stämme die Krone frei hatten, während III und IV von andern Bäumen dicht umgeben und in der Entwicklung beeinträchtigt waren. Obgleich die letzteren höher sind, haben doch I und II mehr an Masse, weil sie früher freier standen und deshalb bereits eine größere Krone angesetzt hatten; eine Durchforstung hat bei ihnen keinen Einfluß mehr gehabt, während III und IV durch eine solche zur Ausbildung einer größern Blattfläche veranlaßt wurden und daher ihr Maximum erst später erreichen konnten.

Die Aueesche übertrifft im 45. Jahre jeden der Bestandesbäume an Masse, und in jeder Altersperiode an Zuwachs. Ich glaube bestimmt annehmen zu dürfen, daß bei den außerordentlich günstigen Ernährungsverhältnissen der Aueesche dieselbe ihren Kulminationspunkt im 45. Jahre noch nicht erreicht hat.

Die Formzahlen bezog ich auf den Meßpunkt in Brusthöhe und auf den ganzen von Ästen und Reisig befreiten Schaft einschließlich der Masse des oberirdischen Stockes bis zum 20. Jahre. Es bestätigte sich auch für die Esche das allgemeine Gesetz, daß die Schaftformzahlen von einer bedeutenden

Tabelle V.

Alter	Durchmesser in Brusthöhe ohne Rinde	Höhe	Schaftinhalt	Schaftformzahl	Jährlicher Zuwachs an			
					Höhe	Durchmesser	Fläche	Schaftinhalt
Jahre	cm	m	cbm		cm	mm	qcm	cbdm
			Stamm I.					
55	36.47	23.3	1.02 874	422 6	10	2.5	14.30	23.21
50	35.20	22.8	0 91 268	411.3	12	3.3	18.13	22.91
45	33.52	22.2	0.79 809	407.3	18	5.1	25.83	31.12
40	30.97	21.3	0.64 249	400.4	30	7.1	**32.56**	**36.33**
35	27.42	19.8	0.46 084	394.1	42	7.4	29.96	30.60
30	23.69	17.7	0.30 782	394.5	40	9.5	31.81	28.17
25	18.94	15.7	0.16 696	377.4	60	10.3	26.48	18.94
20	13.79	12.7	0.07 224	380.9	**86**	10.0	17.79	9.61
15	8.77	8.4	0.02 418		58	**11.2**	10.51	4.35
10	3.16	5.5	0.00 240		60	4.8	1.48	0.45
5	0.76	2.5	0.00 013					
			Stamm II.					
55	31.38	21.4	0.85 247	515.0	2	2.6	12.55	22.13
50	30.08	21.3	0.74 149	489.8	6	2.1	10.11	14.58
45	28.99	21.0	0.66 858	482.3	10	3.5	15.37	21.32
40	27.25	20.5	0.56 195	470.0	36	5.0	20.42	**28.35**
35	24.75	18.7	0.42 017	467.0	42	4.8	17.90	22.31
30	22.33	16.6	0.30 859	474.6	50	5.0	16.74	19.30
25	19.80	14.1	0.21 208	488.4	**76**	8.6	**23.94**	20.49
20	15.48	10.3	0.10 961	565.4	68	9.6	19.82	14.97
15	10.65	6.9	0.04 475		56	**11.9**	14.35	7.40
10	**4.70**	4.1	0.00 773		36	6.3	3.10	1.44
5	1.53	2.3	0.00 051					
			Stamm III.					
55	25.50	23.6	0.57 702	478 7	6	3.6	**13.91**	18.84
50	23.70	23.3	0.48 282	469 7	16	3.8	13.58	**19.72**
45	21.80	22 5	0.38 422	457.5	18	3.5	11.50	16.00
40	20.05	21.6	0.30 409	445.8	22	4.4	13.10	16.54
35	17.85	20.5	0.22 139	431.5	32	4.8	12.55	14 50
30	15.45	18.9	0.14 885	420.0	40	6.2	13.53	13.34
25	12.35	16.9	0.08 211	405.5	56	6.9	11.52	9.61
20	8.90	14.1	0.03 404	388.0	**82**	**7.6**	8.28	5.12
15	5.10	10.0	0.00 842		74	6.7	3.62	1.55
10	1.73	6.3	0.00 006					
5		2.0						
			Stamm IV.					
55	23.70	25.7	0.58 257	513.8	12	2.3	8.35	14.77
50	22.55	25.1	0.50 872	507.4	16	3.6	12.24	**19.30**
45	20.75	24.3	0.41 222	501.6	34	3.6	11.34	18.50
40	18.93	22.6	0.31 969	502.6	50	4.4	**12.48**	19.28
35	16.70	20.1	0.22 329	507.1	30	3.9	9.63	13.21
30	14.75	18.6	0.15 720	494.6	44	3.3	7.22	10.30
25	13.10	16.4	0.10 570	478.2	58	5.5	10.13	10.95
20	10.35	13.5	0.05 092	448.3	70	5.3	7.51	6.09
15	7.70	10.0	0.02 047		**96**	**8.6**	7.50	3.54
10	3.40	5.2	0.00 276		66	5.6	1.75	0.53
5	0.63	1.9	0.00 009					

Tabelle V.

Alter	Durchmesser in Brusthöhe ohne Rinde	Höhe	Schaftinhalt	Schaftformzahl	Jährlicher Zuwachs an			
					Höhe	Durchmesser	Fläche	Schaftinhalt
Jahre	cm	m	cbm		cm	mm	qcm	cbdm
			Stamm V.					
55	18.58	21.3	0.30 199	522.5	2	1.6	4.57	6.99
50	17.78	21:2	0.26 703	507.3	2	1.6	4.37	7.09
45	16.98	21.1	0.23 157	484.4	8	1.6	4.32	8.40
40	16.15	20.7	0.18 956	447.0	22	1.5	3.81	6.63
35	15.38	19.6	0.15 639	429.4	40	1.4	1.34	4.41
33	15.10	18.8	0.14 756	438.2	36	3.7	5.12	**9.83**
30	13.98	17.7	0.11 807	434.5	42	3.4	7.01	7.54
25	12.28	15.6	0.08 037	434.9	72	6.4	**10.74**	9.11
20	9.08	12.0	0.03 478	447.5	74	**7.4**	8.45	5.07
15	5.35	8.3	0.00 939		**90**	7.4	4.07	1.75
10	1.65	3.8	0.00 060		56			
5		1.0						
			Stamm A.					
40	43.05	16.3	0.85 016	358.3	44	7.5	49.99	**39.2**
35	39.18	14.1	0.65 352	384.4	30	9.2	53.73	36.2
30	34.54	12.6	0.47 250	400.2	34	11.9	59.00	32.2
25	28.59	10.9	0.31 151	445.1	38	**13.3**	**59.92**	28.4
20	21.92	9.0	0.16 932	498.5	42	11.3	34.05	18.3
15	16.24	6.9	0.07 804		**60**	10.4	22.32	9.3
10	11.03	3.9	0.03 160		58	11.0	16.03	5.1
5	4.43	1.0	0.00 431					

Höhe im jugendlichsten Alter bis zum 25. bis 30. Jahre sinken und von hier infolge Empordrängens der Krone und Eintreten des Schlusses stetig steigen. Stamm II, IV und V weisen die höchsten Formzahlen auf, offenbar wegen der stärkeren Kroneneinengung, die eine Steigerung des Zuwachses in den obern Baumteilen zur Folge hatte.

Im Gegensatz hiezu weist die Auesche von Jugend an eine zunehmende Verschlechterung der Form auf, da infolge der reichlichen Ernährung und der im vollen Lichtgenuß entwickelten Krone der Zuwachs im untern Stammteil ein entsprechend hoher ist.

Da bei sämmtlichen fünf Bestandeseschen die Form im Zeitpunkte der Fällung noch in der Besserung begriffen ist, so kann in dieser Beziehung ein vergleichendes oder abschließendes Urteil nicht stattfinden.

Krone.

Ich habe versucht, einen Einblick in das Verhältnis zwischen Krone und Schaftinhalt zu gewinnen; bei der Fällung der Probestämme stellte ich Kronenansatz und die Fläche der auf die Ebene projizierten Krone fest, maß dann den Mittendurchmesser von sämmtlichen über 3 cm dicken, in Sektionen von

1 m zerlegten Ästen und bestimmte mittels Federwage an Ort und Stelle das Gewicht des übrigen Astholzes, sowie des besonders ausgeschiedenen Feinreisigs Im folgenden gebe ich die gefundenen Zahlen an:

Stamm	Astholz über 3 cm Dicke	Astholz unter 3 cm Dicke	Feinreisig	Durchmesser der Kronenfläche	Höhe der Krone	Prozentsatz des Astholzes über 3 cm Dicke	Prozentsatz des Astholzes unter 3 cm Dicke und des Feinreisigs	1 kg Feinreisig erzeugt an Holz
№	cbm	kg	kg	m	m	%	%	cbdm
I	0.09689	94.5	8.75	4.1	11.9	9.5	0.11	2.65
II	0.03892	42.0	6.00	2.4	5.4	4.6	0.06	3.68
III	0.03752	43.5	4.50	4.3	7.5	6.6	0.06	4.19
IV		31.5	2.50	2.6	7.5		0.07	6.42
V		14.0	2.00	1.8	3.0		0.06	3.50
A	0.47668	179.5	—	7.3	11.6	56.5	0.49	—

Hieraus ist erkennbar, daß das Verhältnis des Feinreisigs zum letztjährigen Zuwachs mit dem Durchmesser der Stämme abnimmt; je größer die Krone, um so weniger Zuwachs trifft auf ein Kilogramm Feinreisig. Im übrigen fällt für Stamm A und I der große Kronenraum, sowie das hohe Astholzprozent auf. Wegen der bedeutenden Menge an Feinreisig der dominierenden Stämme entspricht einem Kilogramm Feinreisig der schwächern Stämme eine größere Holzmasse als jenen. Durch die außerordentliche Lichteinwirkung bei den herrschenden Bäumen wurde ein Überschuß von Blättern hervorgerufen, der für die aus dem Boden bezogenen Nährstoffe zu groß ist; bei den dominierenden Stämmen erscheint deshalb das Blattvermögen im Verhältnis zum Wurzelvermögen zu groß. In demselben Maße, in dem die Bäume durch die Nachbarstämme in ihrer Feinreisigproduktion beengt werden, kann, da ja der Boden gut ist, das Verhältnis von Blatt- und Wurzelvermögen sich ausgleichen — bei Stamm IV korrespondiert vielleicht das Blatt- und Wurzelvermögen —, während ersteres bei den herrschenden Stämmen zu groß ist Bei Stamm V scheint die Beengung zu stark geworden zu sein, so daß nach seiner Übergipfelung keine genügende Lichtwirkung auf die Belaubung ihren Einfluß ausübte und die Nährstoffe des Bodens nicht vollständig ausgenützt werden konnten.

Es ist klar, daß diese Methode nur ein annäherndes Bild von dem Verhältnisse von assimilierenden Organen zur erzeugten Masse liefern kann und daß nur die Anzahl der grünen Blätter einen genauen Aufschluß giebt; nachdem dies jedoch aus verschiedenen Gründen nicht durchführbar war, mußte ich mich mit den obigen Ermittlungen begnügen.

Rinde.

Gleichzeitig mit den vorausgegangenen Zuwachsermittlungen hatte ich neben den Stammdurchmessern auch jene des Stammes mit ganzer und mit

nur lebender Rinde gemessen, so daß ich für die verschiedenen Sektionshöhen die Dicke der toten und lebenden Rinde, unter welch' letzterer ich das Leitungsgewebe und das Parenchym verstehe, berechnen konnte. Um jedoch nicht unnötig viele Tabellen zu bringen, stellte ich die Veröffentlichung dieser Zahlen zurück, zumal da sich für die Dicke der Borke und grünen Rinde kein deutliches Gesetz erkennen ließ. Die Betrachtung der Gesamtrinde ergab bessere Gesetze, wenn man die Auesche außer Betracht läßt; man kann sagen, daß, während der Durchmesser der lebenden Rinde sich nach der Reihenfolge I, II in abnehmenden Sinne bewegt, bei II, III und IV Schwankungen ersehen läßt, wir bei der ganzen Rinde fast gesetzmäßig die Reihenfolge I bis V erkennen können. Bezüglich der verschiedenen Höhen läßt sich behaupten, daß innerhalb des Schaftes unter der Krone die Gesamtrinde fast gleich dick ist, eine weitere Regelmäßigkeit jedoch nicht ersehen zu werden vermag.

Um einen genauern Einblick zu thun, wie sich die Intensität der Rindenproduktion verhält, habe ich den Holzzuwachs des letzten Jahres durch die bezügliche Fläche der grünen Rinde dividiert; auf Grund dieser Berechnungen stellte ich nachstehendes fest:

Höhe m	Einem Teil grüner Rinde entsprechen an Holz					
	I	II	III	IV	V	A
1.3	23	32	44	34	24	63
4.5	20	26	50	34	20	56
7 7	40	40	55	37	[17]	95
10.9	30	44	42	[20]	29	141
14.1	27	47	31	30	28	125
17.3	47	35	30	45	25	
20.5	46	39	44	52	43	
23.7				51		

Bei Betrachtung dieser Zahlen stellt sich heraus, daß im obern Stammteile einem Teil Rinde eine größere Holzproduktion entspricht. Dies läßt sich dadurch erklären, daß die älteren Siebteile, die mitgemessen sind, nicht mehr an der Saftleitung und Nahrungszufuhr zum Kambium teilnehmen. Käme nur eine gewisse Anzahl der jüngsten Siebringe in Frage, so würden diese vielleicht in allen Baumhöhen denselben Effekt erzielt haben. Weiter kommt in Betracht, daß in der Jugend im Verhältnis zum ganzen Zuwachs mehr Rinde erzeugt wird als im höhern Alter und daß oben im Stamme die Baumteile noch jünger sind. Endlich wäre es auch möglich, daß die obern Siebteile, denen die Gesamtheit der Bildungsstoffe zur Verfügung steht, das Kambium besser ernähren als die untern, und daß mit der nach unten abnehmenden Zufuhr an solchen auch die Intensität der Produktion eine geringere wird.

Der Vergleich der einzelnen Stämme ergibt, daß bei der Auesche die Leistung der Rinde pro Einheit am größten ist; aus den obigen Gründen

wäre diese Leistung der Auesche auf das jugendlichere Alter zurückzuführen, hauptsächlich aber auf die sehr kräftige Ernährung. Dieses Verhalten wird durch jenes des Stammes V wahrscheinlich; bei ihm ist im großen Ganzen die Leistung in allen Teilen am geringsten.

In Tabelle I findet sich der Schaftinhalt mit der ganzen, mit der lebenden Rinde allein, und ohne solche mitgeteilt und ebenda die Rindenprozente, bezogen auf Schaft mit Rinde. Dieselben sind im allgemeinen niedrig; eine Ausnahme macht Stamm V mit einem verhältnismäßig hohen Prozent von 11,7; es scheint dies veranlaßt zu sein durch die vor 22 Jahren bei diesem Baume eingetretene Zuwachsstörung, indem der von diesem Zeitpunkt an bedeutend verringerte Zuwachs das früher jedenfalls normale Verhältnis zu Gunsten der Rinde verschob.

Weitere Untersuchungen ergaben ferner, daß die tote Rinde

3,5 4,1 2,8 2,1 4,5 1,9

Prozent des Schaftes ohne Rinde beträgt; daß die grüne Rinde

7,7 5,9 7,9 8,1 9,5 6,4

Prozent des Schaftes ohne Rinde für die Stämme von I bis A ausmacht. Somit würde abgesehen von Stamm II für die Bestandseschen der Anteil der grünen Rinde mit abnehmendem Durchmesser prozentual zunehmen. Stamm A hat ein auffallend geringes Prozent an grüner Rinde.

Von Interesse ist vielleicht noch der Vergleich mit den Rindenprozenten anderer Holzarten. Nach R. Hartig betragen diese Zahlen für die Probestämme eines 100jähr. Fichtenbestandes.

8,5 7,0 8,1 9,6 10,4 9,5;

für die Eiche im Spessart

im 95jähr. Bestand	12,1	14,1	15,5	17,7	19,4
im 55 „ „	16,7	17,0	16,6	24,4	

Bertog fand für

die 120jähr. Tanne	10,4	12,6	11,0	10,6
die 120jähr. Fichte	8,2	12,4	10,3	11,0

Für die Roteiche hat Eichhorn

Rindenprozente von 17,7 12,0 11,0 festgestellt.

Kern, Wassergehalt und Schwindeprozent.

Die untersuchten Stämme mit Ausnahme von II zeigten eine gesunde Kernbildung. Die Form derselben auf der Stockabschnittsfläche war bei I und A rundlich, ziemlich konzentrisch zum Umfang des Stammes verlaufend und dabei unten bereits stark entwickelt. Bei III, IV und V lief der Kern im untersten Teile des Stammes keilförmig aus, während er in Brusthöhe bereits rundliche Gestalt hatte.

Stamm II ließ nur in 1,3 m Höhe eine ganz unbedeutende Kernbildung erkennen. Um ein Bild über die Ausdehnung des Kerns zu haben, gebe ich

im folgenden eine Zusammenstellung der Breite, sowie der Anzahl Jahrringe der Splint- und Kernschichte:

Höhe	Breite (cm) des									
	Splint	Kern	Splint	Kern	Splint	Kern	Splint	Kern	Splint	Kern
m	I		III		IV		V		A	
1.3	14.57	21.90	13.95	11.55	9.25	14.45	4.98	13.60	24.6	18.45
4.5	15.70	16.05	11.25	11.23	9.30	12.25	4.73	11.25	27.8	4.54
7.7	17.80	9.50	12.03	9.00	9.65	11.25	4.65	9.85		
10.9	14.83	4.20	13.90	4.30	11.90	6.80	5.48	7.55		
14.1			14.95	1.43			7.33	4.55		

Höhe	Zahl der									
	Splintringe	Kernringe	Splintringe	Kernringe	Splintringe	Kernringe	Splintringe	Kernringe	Splintringe	Kernringe
m	I		III		IV		V		A	
1.3	27	24	31	17	27	24	26	23	23	17
4.5	28	18	29	16	27	19	25	19	30	5
7.7	31	9	28	12	26	16	25	16		
10.9	27	5	31	5	29	10	24	12		
14.1			30	2			25	8		

Auf Grund dieser Zahlen erscheint die Kernbildung als eine Funktion des Alters. Während die Zahl der Ringe und der Durchmesser des Kerns nach oben abnimmt, bleiben sich diese Verhältnisse für den Splint in den verschiedenen Höhen fast konstant, da die Zahl der Splintringe durchschnittlich 27 beträgt. Die Substanzmenge ist bei den Bestandsesschen etwas geringer als die des Splintes; eine Thyllenbildung in den Gefäßen konnte ich nicht feststellen.

Für die fünf in dem Horste erwachsenen Eschen berechnete ich die Wassergehalte und Schwindeprozente in Tabelle VII; erstere ergaben sich, indem ich die Differenz des Frisch- und Trockengewichts, letztere indem ich die Differenz aus Frisch- und Trockenvolumen auf das Frischvolumen bezog. Die Betrachtung dieser Verhältnisse zeigt, daß der Wassergehalt nach oben und nach innen eine sehr geringe Zunahme erfährt; für die jüngern Perioden ist keine Gesetzmäßigkeit zu erkennen. Die einzelnen Stämme verhalten sich in Bezug auf Wassermenge sehr ähnlich, nur Stamm I hat etwas mehr Wasser

als die übrigen. Das im Baume enthaltene Wasser ist bekanntlich aus Imbibitionswasser der Wandungen und aus liquidem Wasser zusammengesetzt; von besonderer Wichtigkeit ist das erstere, da dasselbe in direkter Beziehung zu der Substanzmenge steht.

Das Schwinden des Holzes hängt innerhalb der Holzart vorzugsweise von der Substanzmenge ab; es besteht darin, daß die im frischen Zustande von einander durch Wasserhüllen getrennten Mizelle je nach dem Grade des Vertrocknens sich einander nähern und dadurch das Volumen der Substanz verkleinern. Die Schwindeprozente nehmen wie bei andern Holzarten im obern Gipfel ab; speziell bei der Aueesche ist dies deutlich ersichtlich. Im übrigen ist zu konstatieren, daß ebenso wie der Wassergehalt auch das Schwindeprozent sehr wenigen Schwankungen unterworfen ist. Ein Vergleich der Substanzmenge und des Schwindeprozents läßt keine zutreffende Regelmäßigkeit folgern; dagegen zeigen die spätern Untersuchungen über das Ast- und Wurzelholz ganz deutlich, daß das substanzreichere Holz ein größeres Schwindeprozent aufweist als das substanzärmere.

Aus obigem folgt, daß bei der Kernbildung der Esche weder in Bezug auf Wassergehalt, Schwinden noch auf Substanzmenge auffallende Veränderungen vor sich gehen, daß somit Splint und Kern in Bezug auf die meisten technischen Eigenschaften ziemlich gleichwertig sind; der Kern fällt nur durch die dunkelbraune Färbung auf; unmittelbar nach der Fällung färbte sich die Stockabschnittsfläche schön rosarot. Es ist mir auch nicht bekannt, daß bei der Verwendung des Eschenholzes von Seiten der Konsumenten eine besondere Ausscheidung von Splint und Kern gefordert würde.

Anatomische Verhältnisse.

Spezifisches Trockengewicht und Trockensubstanz.

Die dringendste Aufgabe war, aus dem in feuchter Luft aufbewahrten Untersuchungsmateriale in thunlichster Beschleunignng im Laboratorium die Gewichtsverhältnisse zu bestimmen. Zu diesem Zwecke spaltete ich von den vorhandenen Keilen die äußern Schichten, die möglicherweise doch einiges Wasser verdunstet hatten, ab und zerlegte den verbleibenden Körper durch Abspalten von je zehn Jahrringen in eine Reihe von kleinern Stücken. Bei Stamm I nahm ich wegen der vor fünf Jahren ausgeführten Ästung diese Trennung zunächst für zwei fünfjährige, dann aber 10jährige Perioden vor; bei der Aueesche untersuchte ich die Qualität durchgehends in Abschnitten von fünf zu fünf Jahren; ich wiederhole hier, daß ich mich für die Aueesche darauf beschränkte, spezifisches Trockengewicht, Substanzmenge und Schwindeprozent zu berechnen. Die Rinde und die im Forste aufgelegte Wachssalbe wurde sorgfältig abgeschabt und dann sofort die auf ein Hundertel Gramm genaue Wägung vorgenommen; daran schloß sich unmittelbar die Volumbestimmung. Durch

die Behandlung mit Wachssalbe und die Wegnahme der äußern, zwar mit feuchter Luft umgebenen Teile, sowie durch die sofortige Wägung glaube ich ein dem Frischzustand möglichst nahe kommendes Untersuchungsmaterial gewonnen zu haben.

Nach der Volumenbestimmung der großen Stücke in einem genauen Xylometer und der kleinen in graduierten Glaszylindern war es ermöglicht, das spezifische Frischgewicht in bekannter Weise zu ermitteln.

Im weitern Verlauf der Untersuchung brachte ich die fraglichen Stücke insgesamt, nachdem sie in der Zimmerwärme 1—2 Monate abgetrocknet waren, in einen Trockenkasten, wo sie ca. 96 Stunden einer Temperatur von 100° C ausgesetzt blieben, bis ich keine merkliche Gewichtsabnahme mehr konstatieren konnte. Die absolut trockenen Stücke wurden unter Berücksichtigung entsprechender Abkühlung gewogen, an den Stirnflächen ganz dünn mit Wachssalbe bestrichen und dann in gänzlich abgekühltem Zustande wiederum xylometriert.

Auf Grund dieser Feststellungen war es nunmehr möglich, eingehende Untersuchungen über die Gewichtsverhältnisse anzustellen. Die Erforschung der Verschiedenheiten im Gewichte unserer Holzarten beschäftigten schon seit geraumer Zeit eine Reihe von Gelehrten auf das eingehendste; ich nenne hier die Namen Baur, Exner, Gayer, R. Hartig, Nördlinger, v. Seckendorff u. a. Es erklärt sich dieses Interesse aus den wertvollen Schlüssen, welche aus den ermittelten Gewichten des Holzes in Bezug auf den Bau desselben, sowie auf eine Reihe der wichtigsten mechanischen Eigenschaften, wie Brennkraft, Festigkeit, Härte, Schalleitung, Dauer, Maß des Schwindens und Quellens ꝛc. ꝛc. gezogen werden können. Früher wurden vorwiegend die absoluten oder Grüngewichte, sowie die Lufttrockengewichte zur Betrachtung herangezogen; letztere ergaben sich aus der Division des Lufttrockengewichts durch das bezügliche Volumen; da jedoch dieser Zustand des Holzes ein sehr dehnbarer und verschiedener ist, so hat vor allem R. Hartig im Interesse der exakten Wissenschaft als Grundlage aller einschlägigen Untersuchungen das absolute Trockengewicht, sowie die Ermittlung der Substanzmenge eingeführt, welch' letztere für alle physiologischen Betrachtungen von Wichtigkeit ist, während ersteres mehr dem praktischen Gesichtspunkte dient. Das spezifische Trockengewicht konnte nach Ermittlung der oben genannten Faktoren durch Division des absoluten Trockengewichts durch das Trockenvolumen berechnet werden; ferner bestimmte ich in bekannter Weise Substanzmenge und Wassergehalt, beide bezogen auf das Frischvolumen. Die betreffenden Erhebungen wurden für alle sechs Stämme in den verschiedenen Sektionshöhen von Periode zu Periode sorgfältig durchgeführt; die diesbezüglichen Resultate erscheinen in Tabelle VII.

An dieser Stelle sei erwähnt, daß einige der Zahlen nicht einwandfrei sind, da beim Spalten und Zerkleinern der Untersuchungsstücke ab und zu Unregelmäßigkeiten, wie eingewachsene Äste ꝛc. ꝛc. zu Tage traten; diese Zahlen

bezeichnete ich mit einem Sternchen und berücksichtigte sie bei den spätern Berechnungen entsprechend.

In der genannten Tabelle können die Verhältnisse in jeder Höhe und in jeder Altersstufe genau eingesehen werden; um jedoch auch einen allgemeinen Überblick zu ermöglichen, berechnete ich für jede Periode, sowie für die in den Höhen 1.3 4.5 7.7 u. s. w. entnommenen Querstücke der einzelnen Stämme die geometrischen Mittel. Die Mittelzahlen für jede Baumhöhe fand ich, indem ich mit dem Gesamtvolumen der Versuchsstücke einer Walze in das Gewicht derselben dividierte und unter Anwendung entsprechender Rechnungsmanipulationen das spezifische Frischgewicht, Trockengewicht, Substanzmenge und Wassergehalt für den ganzen Querschnitt erhielt; die betreffenden Zahlen sind in den letzten Rubriken der Tabelle eingesetzt. Die Mittel der einzelnen Perioden erhielt ich, indem ich den periodischen Zuwachs jeder einzelnen Sektion mit dem zugehörigen Frischgewichte, Trockengewichte ꝛc. ꝛc. multiplizierte, die gefundenen Produkte addierte und dann mit dem periodischen Zuwachs des ganzen Baumes in diese Summe dividierte.

Bei Stamm I und II nimmt die Substanzmenge bis zum 35. Jahre zu, dann ab; die schwächern Stämme IV und V nehmen von Jugend an zu, III bildet die Übergangsstufe von den dominierenden zu den weniger herrschenden Bäumen, indem er anfänglich eine Zunahme, dann eine Abnahme und bis zum 55. Jahre endlich wiederum Zunahme zeigt.

Nach den Untersuchungen von R. Hartig und Eichhorn über die Eiche und Rotbuche, beziehungsweise die Roteiche hat sich ergeben, daß das Holz im jugendlichen Alter am besten ist, während Stauffer für die Birke festgestellt hat, daß dieselbe mit zunehmendem Alter substanzreicheres Holz erzeugt. R. Hartig erklärt für Eiche und Rotbuche die Abnahme mit dem Alter damit, daß die Zahl der Gefäße entsprechend der Kronenausbreitung in rascherem Tempo sich vergrößert als der Jahrring, so daß mit dem Alter das Holz gefäßreicher, leitungsfähiger und substanzärmer wird. Aus meinen spätern Untersuchungen geht thatsächlich hervor, daß von innen nach außen Zahl und Durchmesser der großen Gefäße zunehmen; das Verhalten des Gewichts kann daher nur dadurch erklärt werden, daß infolge der guten Ernährung die Tracheiden und Sklerenchymfasern nach außen an Dickwandigkeit zunehmen, so daß dadurch die vermehrten und vergrößerten Lumina der Gefäße, wie sie mit zunehmendem Alter erscheinen, ausgeglichen, beziehungsweise in unserm Falle mit Überschuß ersetzt werden, daß mithin die Veränderung des Gewichts von dem Verhältnis beeinflußt wird, welches zwischen Wandungsdicke und Innenraum der Organe besteht; die spätern Untersuchungen werden sich damit noch näher zu befassen haben.

Nach R. Hartig ist das Holzgewicht um so größer, je geringer die Verdunstung der Krone im Vergleich zur Assimilationsenergie ist; Bäume, die in lockerem Schlusse erwachsen sind, erzeugen in der Jugend leichtes Holz, welches

Altersperiode	55—50							50—45							45 35						35—25						
Höhe m	Jahrringbreite	Jährl. Flächenzuwachs	Spezif. Frischgewicht	Spezif. Trockengewicht	Substanzmenge	Wassergehalt	Schwindeprozent	Jahrringbreite	Jährl. Flächenzuwachs	Spezif. Frischgewicht	Spezif. Trockengewicht	Substanzmenge	Wassergehalt	Schwindeprozent	Jahrringbreite	Jährl. Flächenzuwachs	Spezif. Frischgewicht	Spezif. Trockengewicht	Substanzmenge	Wassergehalt	Schwindeprozent	Jahrringbreite	Jährl. Flächenzuwachs	Spezif. Frischgewicht	Spezif. Trockengewicht	Substanzmenge	Wassergehalt	Schwindeprozent
	mm	qcm						mm	qcm						mm	qcm						mm	qcm					
Stamm I Kronenansatz 11.4 m.																												
1.3	1.27	14.30	80.7	63.6	54.8	25.9	13.8	1.68	18.14	81.4	66.7	56.5	24.9	15.5	3.05	29.20	82.6	68.6	57.3	25.3	16.3	4.24	30.88	85.4	69.4	58.0	27.4	16.3
4.5	1.20	11.74	84.5	69.4	59.9	24.6	13.6	1.85	17.22	85.5	73.8	61.1	24.4	17.2	3.01	24.29	72.6*	70.2	51.4*	21.2*	22.7	3.91	23.08	85.0	70.3	60.2	24.8	14.3
7.7	2.15	17.72	91.8	81.5	65.9	25.9	19.0*	1.52	11.64	78.5*	66.1	55.3	23.2	16.4	2.76	18.12	81.1	68.0	56.3	23.4	15.0	4.17	18.26	86.6	71.3	58.0	28.6	16.8
10.9	1.73	12.04	84 4*	68.6*	60.8*	24.6	11.3	1.57	10.12	84.6	67.3	60.2	24.4	10.4	2.81	14.96	85.5	69.3	61.2	24.3	11.6	4.17	13.02	88.6	71.5	61.8	26.8	13.4
14.1	1.50	9.52	99.6	76.8	69.0	28.4	11.2	1.60	9.38	97.4	76.3	69.0	28.4	10.7	3.25	14.91	94.2	76.5	66.9	27.3	14.4	5.01	9.98	98.6	78.5	69.0	29.6	12.5
17.3	1.89	7.50	89.8	74.9	65.0	24 8	13.1	1 86	6.28	91.6	76.7	65.8	25.8	14.1														
20.5	1.15	1.50	93.4	79.6	68.7	24.7	13.7																					
Mittel			88.5	75.0	62.5	25.6				85.4	70.5	60.4	25.0		82.0		82.0	70.1	57.7	24.0				87.4	70 5	60.3	27.1	
Stamm II. Kronenansatz 16.1 m.																												
1.3	1.19	11.33	79.7	65 6	56.2	23.4	14.2								2.12	17.90	81.3	68.2	57.4	23.8	15.8	2.47	17.32	86.0	72.9	60.3	25.7	17.2
4.5	1.16	10.13	84.5	70.9	60.4	24.1	14.7								2.00	15.39	84.3	71.3	60.3	24.0	15.4	2.81	17.38	87.4	74.4	62.1	25.2	16.4
7.7	1.43	10.22	85.1	72.8	61.1	23.9	15.9								2.06	12.43	82.8	72.1	59.6	23.2	17.2	2.56	11.69	88.9	77.6	63.6	25.2	18.0
10.9	1.52	9.74	90.6	78.1	65.4	25.1	16.2								2.22	11.59	85.4	66.3	61 3	24.1		3.31	11-48	88.8	75 8	63.2	25.6	16.7
14.1	1.60	8.49	91.0	78.0	65.8	25.1	16.0								2.48	10.00	89.1	74.7	64.1	24.9	14.1	3.50	7.39	95.5	79.9	67.9	27.5	14 9
17.3	1.41	6.02	91.3	78.6	66.1	25.1	15.8								3.61	9.73	92.1	77.3	66.4	25.6	14.1							
20.5	1.29	2.95	93.3	78.5	67.9	25.3	13.4								2.82	2.83	91.8	77.1	66.4	25.3	13.8							
Mittel			86.2	74.1	61.8	24.3											85.2	71.2	61.1	24.1				88.5	75.3	62.6	25.6	
Stamm III. Kronenansatz 16.0 m.																												
1.3	1.85	13.74	87.2	71.4	61.5	25.8	13.8								1.97	12.30	82.9	67.0	58.7	24.2	12.3	2.75	13.04	87.1	71.7	60.9	26.1	15.0
4.5	1.86	13.08	89.3	74.5	65.0	24.3	12.8								1.80	9.58	81.9	67.4	59.8	22.0	11.2	2.57	10.17	85.9	69.3	60.2	25.7	13.1
7.7	1.91	11 60	89.6	75.2	65.2	24.3	13.3								1.95	9.34	85.0	70.0	62.4	22.6	10.9	2.56	8.64	88.9	69.6	62.8	26.0	9.76
10.9	1.73	8.97	91.9	75.6	67.3	24.5	10.9								1.89	7.62	84.7	72.0	62.3	22.3	13.4	3.01	7.51	87.3	70.7	61.3	26.0	13.2
14.1	1.79	8.20	94.8	78.1	69.0	25.7	11.7								2.15	7.19	90.0	73.8	66.0	23.9	10.5	3.53	5.51	93.7	73.5	65.6	28.0	10.6
17.3	1.70	5.50	88.0	75.0	64.6	23.4	13.8								3.02	5.30	89.6	77.0	65.3	24.3	15.1							
20.5	1.35	1.96	92.2	71.8	62.0	30.1	13.4								2.08	0.85	84.8	72.3	62.3	22.5	13.3							
Mittel			90.0	74.6	65.0	24.9											85.1	70.4	61.8	23.1				88.0	70.7	61.7	26.2	

Tabelle VII.

Alters-periode	55—45														45—35							35—25						
Höhe m	Jahrringbreite	Jährl. Flächenzuwachs	Spezif. Frischgewicht	Spezif. Trockengewicht	Substanzmenge	Wassergehalt	Schwindeprozent	Jahrringbreite	Jährl. Flächenzuwachs	Spezif. Frischgewicht	Spezif. Trockengewicht	Substanzmenge	Wassergehalt	Schwindeprozent	Jahrringbreite	Jährl. Flächenzuwachs	Spezif. Frischgewicht	Spezif. Trockengewicht	Substanzmenge	Wassergehalt	Schwindeprozent	Jahrringbreite	Jährl. Flächenzuwachs	Spezif. Frischgewicht	Spezif. Trockengewicht	Substanzmenge	Wassergehalt	Schwindeprozent
Stamm IV. Kronenansatz 18.2 m.																												
	mm	qcm													mm	qcm						mm	qcm					
1.3	1.47	10.30	84.6	68.2	59.2	24.9	12.5								2.02	11.91	82.6	67.2	58.1	24.5	13.5	1.80	8.43	84.5	67.2	58.7	25.7	12.6
4.5	1.46	9.21	83.8	67.7	60.3	23.5	10.9								1.97	10.33	81.4	66.2	58.1	23.2	12.2	1.95	7.80	82.0	68.4	57.4	24.6	12.0
7.7	1.42	8.72	83.2	68.0	60.5	22.7	11.0								2.27	11.18	82.4	67.3	56.3	23.2	11.9	2.21	7.87	81.3	67.1	57.4	23.9	14.4
10.9	1.17	6.47	79.2	64.5	57.6	21.6	10.7								1.95	8.82	82.3	68.3	59.2	23.0	13.2	2.36	7.48	83.9	68.2	59.2	24.7	13.1
14.1	1.48	6.86	82.5	68.8	59.6	22.8	13.1								2.30	7.89	81.4	66.6	56.2	23.3	12.8	2.65	4.98	83.2	65.3	57.6	25.5	11.8
17.3	1.75	6.59	87.7	72.1	63.2	24.4	11.8								3.22	7.30	86.7	71.2	60.8	24.7								
20.5	2.00	5.09	87.8	73.9	63.5	24.3	14.0								3.05	2.92	84.1	71.2	60.6	23.5	14.8							
23.7	1.41	1.28	90.7	75.1	65.8	24.8	12.3																					
Mittel			84.2	68.9	60.5	23.5											82.7	68.3	58.1	23.6				82.9	67.3	58.0	24.8	
Stamm V. Kronenansatz 18.3 m.																												
1.3	0.80	4.47	91.0	77.8	69.7	21.3	10.8								0.80	4.06	81.3	66.0	59.0	22.3	10.6	1.25	6.73	86.6	69.9	61.5	25.1	12.0
4.5	0.77	3.70	88.4	71.6	63.8	24.6	10.9								0.87	3.71	84.1	67.2	61.4	22.7	8.6	1.55	5.44	85.6	69.1	61.9	23.7	10.4
7.7	0.70	3.03	89.9	74.8	66.1	23.8	11.6								0.93	3.57	84.8	70.3	62.0	22.8	11.8	1.51	4.62	83.4	69.0	60.3	23.1	12.5
10.9	0.99	3.74	89.2	74.0	65.6	23.6	11.4								1.13	3.53	91.4	72.4	67.0	24.4	7.5	1.87	4.06	84.4	67.9	60.3	24.1	11.1
14.1	0.95	3.26	92.1	76.6	67.5	24.6	11.8								1.64	4.30	91.5	76.0	66.8	24.7	12.0	2.41	3.24	85.0	72.1	59.7	25.3	17.2
17.3	0.91	2.31	89.1	75.0	65.4	23.7	12.7								2.35	3.57	86.6	74.2	62.9	23.7	15.2							
20.5	1.24	2.04	86.9	72.4	64.0	22.9	11.5								2.55	1.26	82.8	69.9	60.6	22.2	13.3							
Mittel			89.2	74.4	66.2	23.4											86.5	66.8	63.1	23.3				84.4	69.4	60.8	28.5	
Stamm A. (Auesche). Kronenansatz 5 m.																												
	45—40							40—35							35—30							30—25						
1.3	3.87	49.99		67.9	58.1			14.4	4.64	53.73		69.8	58.6	16.0	5.95	59.00		69.9	59.4	15.0	6.67	52.92		69 2	58.1		16.0
4.5	3.44	33.10		68.3	59.6			12.7	4.00	33.80		70.7	60.2	14.8	4.35	31.06		70.1	59.8	14.8	5.75	31.92		72.3	61.0		15.5
7.7	4.61	29.24		74.7	63.9			14.4	4.60	22.78		73.6	62.7	14.7	3.68	13.16		75.1	62.5	16.7	3.76	9.06		60.8*	63.2*		
10.9	3.97	14.74		76.5	64.7			15.4	3.45	8.78		74.4	64.8	12.9	3.10	4.70		70.2	62.1	11.5							
14.1	2.09	2.09		74.2	64.2			13.2	1.66	0.76		65.7	58.3	11.2														

Tabelle VII.

Höhe m	25—15 Jahrringbreite	25—15 Jährl. Flächenzuwachs	25—15 Spezif. Frischgewicht	25—15 Spezif. Trockengewicht	25—15 Substanzmenge	25—15 Wassergehalt	25—15 Schwindeprozent	15—x Jahrringbreite	15—x Jährl. Flächenzuwachs	15—x Spezif. Frischgewicht	15—x Spezif. Trockengewicht	15—x Substanzmenge	15—x Wassergehalt	15—x Schwindeprozent	55—x Ganzer Querschnitt Specif. Frischgewicht	Specif. Trockengewicht	Substanzmenge	Wassergehalt
	mm	qcm																
										Stamm I.								
1.3	5.00	22.13	83.9	66.9	56.5	27.4	15.5	4.00	5.99	83.5	65 8	55.7	27.8	15.5	83.6	67.9	57.0	26.5
4.5	4.73	15.04	91.0	68.4	59.0	32.0	13.7								81.9	70.2	56.9	24.9
7.7															84.6	70.6	59.0	25.6
0.9															86.8	69.9	61.3	25.4
4.1															95.4	77.0	67.8	27.6
7.3															90.6	75.7	65.4	25.2
0.5															93.4	79.6	68.7	24.6
ittel			87.0	67.5	57.5	29.4				83.5	65.8	55.7	27.8	Ganzer Stamm	**90.1**	**74.6**	**59.4**	**25.8**
										Stamm II.								
1.3	1.57	21.88	86.9	72.2	59.7	27.1	17.3	4.56	8.90	86.9	72.8	59.2	27.6	18.6	84.5	70.7	58.9	25.6
4.5	4.29	16.97	85.4	71.6	59.6	25.8	16.7	4.92	5.41	85.1	69.1	58.5	26.6	16.2	85.4	71.9	60.4	25.0
7.7	4.41	10.49	85.5	72.4	60.5	25.0	16.4								85.8	74.9	61.4	24.4
0.9															87.8	72.4	62.8	24.9
4.1															86.8	76.8	60.2	24.4
7.3															91.8	77.8	66.3	25.4
0.5															92.8	77.9	67.4	25.3
ittel			87.9	72.0	59.8	26.1				86.1	71.2	58.6	27.1	Ganzer Stamm	**86.3**	**73.1**	**61.0**	**25.3**
										Stamm III.								
1.3	3.62	9.90	91.9	71.9	61.4	30.4	14.5								87.7	70.7	60.7	26.9
4.5	3.36	7.01	88.9	67.7	59.0	29.8	12.8								86.8	69.9	61.1	25.6
7.7	3.75	5.26	83.4	65.9	56.6	26.7	14.0								87.3	70.8	62.4	24.8
0.9															87.9	72.6	63.4	24.4
4.1															83.2	75.4	60.1	23.0
7.3															88.9	76.0	65.0	23.8
0.5															89.2	71.9	62.1	27.1
ittel			88.9	69.4	59.5	29.3								Ganzer Stamm	**87.0**	**71.7**	**61.4**	**25.2**
										Stamm IV.								
1.3	2.70	8.82	82.5	71.0	57.6	24.9	18.8	4.53	4.62	83.0	66.4	57.4	25.5	13.5	83.3	68.1	58.3	25.0
4.5	3.82	7.06	76.1	63.7	54.2	21.8	14.9								80.6	66.4	57.3	23.2
7.7	3.66	6.29	76.8	63.5	55.0	21.8	13.3								80.8	66.4	57.8	22.9
0.9	4.29	4.69	80.9	66.5	58.0	22.8	12.8								82.0	67.3	58.7	23.2
4.1															82.2	68.8	58.4	23.8
7.3															87 2	71.5	62.6	24.6
0.5															86.4	72.9	62.4	24 1
3.7															90.7	75.1	65.8	24.8
ittel			79.0	62.4	56.0	22.4				83.0	66.4	57.4	25.5	Ganzer Stamm	**82.4**	**67.8**	**58.6**	**23 7**
										Stamm V.								
1.3	3.46	9.60	82.9	66.0	58.3	24.6	11.6								85.0	69.2	61.2	23.7
4.5	3.10	6.31	76.1	62.0	54.6	21.5	11.8								82.5	66.8	59.6	22.9
7.7	3.62	5.21	78.3	62.6	55.0	23.3	12.2								83.8	69.0	60.6	23.2
0.9															87.4	70.7	63.4	24.0
4.1															89.3	67.9	64.3	25.0
7.3															87.5	73.0	63.8	23.6
0.5															85.3	71.5	62.7	22.6
ittel			79.6	64.0	56.3	23.3								Ganzer Stamm	**82.1**	**69.0**	**61.4**	**23.8**

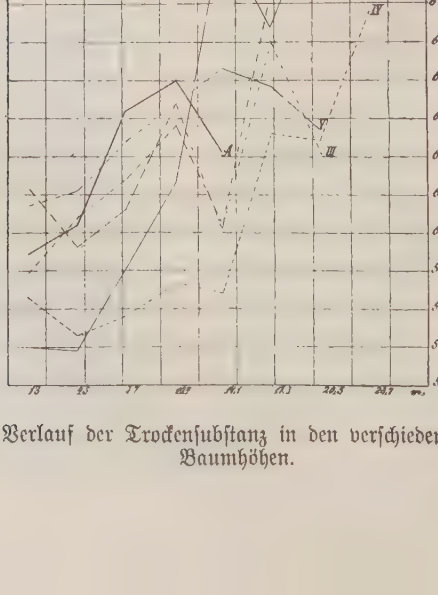
Tabelle VII. Stamm A. (Aucsche).

Altersperiode	25—20					20—15					15—x					Ganz. St.	
Höhe m	Jahrringbreite	Jährl. Flächenzuwachs	Spez. Trockengewicht	Substanzmenge	Schwindeprozent	Jahrringbreite	Jährl. Flächenzuwachs	Spez. Trockengewicht	Substanzmenge	Schwindeprozent	Jahrringbreite	Jährl. Flächenzuwachs	Spez. Trockengewicht	Substanzmenge	Schwindeprozent	Spezif. Frischgewicht	Spezif. Trockengewicht
	mm	qcm				mm	qcm				mm	qcm					
1.3	5.68	34.05	73.0	60.5	17.1	5.21	22.32	73.8	62.2	15.6	6.60	16.03	71.9	59.7	17.0		70.[illegible]
4.5	6.18	22.73	77.2*	64.3*	16.7*	4.23	8.64	73.5*	61.3*	16.5*							70.[illegible]
7.7	3.46	4.41	72.8*	62 8*	13.5*												74.[illegible]
10.9																	73.[illegible]
14.1																	71.[illegible]
Mittel			73.0	60.5				73.8	62.2				71.9	59.7	Ganzer Stamm		71.[illegible]

mit Eintreten des Schlusses an Schwere zunimmt; denn in demselben Grade, in dem sich die Bestände schließen, geht ein Teil der Belaubung durch gegenseitige Beschattung und Unterdrückung verloren, eine übermäßige Blattentwicklung und Wasserverdunstung wird verhindert, so daß die vorhandenen Assimilationsorgane die aus dem Boden zugeführten anorganischen Nährstoffe mit voller Kraft verarbeiten und dickwandiges Holz erzeugen können.

Ich gehe zu der Betrachtung der Frage über, wie sich die Substanzmenge in den verschiedenen Baumhöhen verhält. Zur leichteren Übersicht fertigte ich Kurven an, die den Verlauf rasch erkennen lassen; ich konstruierte sie aus den Höhen als Abscissen und den Trockensubstanzen als Ordinaten und verweise auf Tabelle VI.

Tabelle VI.



Verlauf der Trockensubstanz in den verschiedenen Baumhöhen.

Von der Höhe 4,5 m ab ist allen sechs Stämmen in dieser Beziehung eine steigende Tendenz gemeinschaftlich; diese hält für I und V bis 14,1, für II, III, IV und A bis 10,9 m an; dann tritt für sämtliche Bäume mit Ausnahme von II ein Fallen ein, und zwar für I bis 17,3, für III und IV bis 14,1 m. Daran schließt sich für I, III und IV ein Steigen an, für III und IV ein Fallen und endlich IV wiederum eine Zunahme, so daß man von einem für alle Stämme regelmäßig verlaufenden Gesetz nicht sprechen kann. Bemerkenswerthe Ähnlichkeit in Bezug auf den Verlauf der Trockensubstanz zeigen V und

die Auesche, ferner I und II und schließlich III und IV bis 20,5 m. Im allgemeinen läßt sich folgern, daß mit zunehmender Höhe, abgesehen von einem momentanen Nachlassen, die Trockensubstanz einem Maximum zustrebt, bei über 14,1 m Höhe jedoch, je nach der Individualität, den Standortsverhältnissen, diese steigende Tendenz beibehält oder sie in das Gegenteil verkehrt.

Vergleichend führe ich die Untersuchungen anderer Forscher an; R. Hartig hat für die Kiefer, Buche und Eiche als Gesetz gefunden, daß im astfreien Schafte der Bestandesbäume das Holzgewicht unten am größten ist und nach oben bis zum Kronenansatz abnimmt, innerhalb der Krone das Gewicht wieder steigt. Bertog teilt für Fichte und Weißtanne mit, daß die Trockensubstanz von unten nach oben abnimmt, um innerhalb der Krone wieder zu steigen; des Maximum liegt nach ihm häufig nicht in Brusthöhe, sondern etwas höher: gleiches hat R. Hartig für die Fichte schon früher nachgewiesen.

Bei der Esche kulminiert mit Ausnahme von Stamm V die Substanzmenge bei allen Probestämmen in der Krone. Eichhorn konnte in seinen Untersuchungen über die Roteiche kein zwingendes Gesetz für die Veränderung mit der Höhe finden; er stellte den Satz auf, daß innerhalb der Krone bei den von ihm untersuchten Stämmen eine starke Gewichtszunahme stattfinde; nur bei einem Baum fand er insoferne eine Gesetzmäßigkeit als im astfreien Schafte das schwerste Holz sich zunächst am Wurzelstocke befand; von da sank das Holzgewicht bis über Brusthöhe und stieg von da stetig bis zur Krone. Während ich bezüglich des astfreien Schaftes der Esche eine solche Regelmäßigkeit nicht entdecken kann, fällt doch die hohe Substanzmenge in der Krone auf. Die teilweise sehr rapide Zunahme erklärt sich offenbar aus der Wirkung der Krone, da in dieser der von unten kommende volle Wasserstrom durch die meist sehr starken Äste rasch verkleinert wird, so daß abgesehen von einer bedeutenden Verengerung der Gefäße, auch eine Verringerung der Zahl eintritt. Zudem produziert hier die intensivere Lichtwirkung reichlichere Nahrung, ernährt das Kambium besser, und erzeugt, wie wir später sehen werden, dickwandigeres Holz, so daß das Gewicht erhöht wird. Die Maxima finden sich bei I in 20.5, II in 20.5, III in 17.3, IV in 23.7, V in 14.1 und A in 10.9 m Höhe.

Ich habe nun ähnlich wie durch die oben erwähnten Berechnungen die Mittelwerte für die ganzen Stämme bestimmt und stelle die Resultate zusammen:

Für	beträgt das spezifische Trockengewicht,	die Substanzmenge
I	74.6	59.4
II	73.1	61.0
III	71.7	61.4
IV	67.8	58.6
V	69.8	61.4
A	71.4	60.4

Ziehen wir aus diesen Zahlen das Mittel, so werden wir finden, daß die Durchschnittszahlen für das spezifische Trockengewicht und die Trockensubstanz der Bestandeseschen 71,2 und 60,3, der Auesche 71,4 und 60,4 sind. Es ergibt sich ferner, daß Stamm III und V das beste Holz besitzen; dann reihen sich II, A, I und endlich IV an. Bemerkenswert ist, daß gerade zwei der schwächern Bäume ein sehr gutes Holz erzeugt haben und daß der breitringige in der Au in vollem Freistande erwachsene Baum besseres Holz besitzt als I und IV, im Mittel sogar bessere Qualität zeigt als die Bestandseschen.

R. Hartig hat bereits für die Eiche und Buche ein ähnliches Verhalten konstatiert, daß nämlich in keiner Stammklasse das beste Holz liegt, daß die größte Holzgüte selten bei den schwächsten oder stärksten, meist bei den mittelstarken Bäumen liegt; es erklärt sich dies daraus, daß bei dem einen Individuum die Transpiration, bei dem andern die Assimilation überwiegt. Bei dem einen Stamme sind alle peripherischen Blätter voll beleuchtet, assimilieren sohin sehr viel; der andere hat eine große Krone, von der ein großer Teil beschattet ist, der viel verdunstet, wenig assimiliert. Für Fichte und Tanne gilt, daß gerade die stärksten Stammklassen das schlechteste Holz haben. Maßgebend ist das Verhältnis von Baumkrone zum Stamme; die Zuwachsgröße wird durch die Assimilationsenergie bestimmt.

Die mehrfach verbreitete Annahme, daß die in der Au erwachsenen Eschen schlechteres Holz erzeugen, kann nicht als allgemein giltig erachtet werden; die Untersuchung hat ergeben, daß man den Aueschen durchaus nicht das schlechtere Holz zumessen kann, wenn der Boden gut ist. Die Objekte, an welche sich obige Behauptung anknüpfte, müssen auf einem relativ armen Boden herangewachsen sein, während unsere Esche einem frischen, tiefgründigen Auboden entstammte, dem durch die alljährlichen Überflutungen noch neue Nährstoffe zugeführt werden, so daß trotz der bedeutenden Kronenentwicklung und der großen Transpiration ausgezeichnetes Holz erzeugt wurde.

Die Substanzmenge nimmt bei der Auesche von unten nach oben zu. Die Erklärung dieses Verhaltens liegt, abgesehen von den schon für die Bestandsesche angeführten Gründen noch darin, daß im Freistand erwachsene, weit bis unten beastete Bäume sich ähnlich wie eine Baumkrone verhalten, d. h. eine Zunahme des Gewichts und daher eine besondere Güte des Holzes nach oben hin veranlassen, vorausgesetzt daß die Ernährungsverhältnisse genügend günstige sind.

Das spezifische Trockengewicht der untersuchten sechs Stämme schwankt nach dem Vorhergehenden zwischen 67,8 und 74,6. Ein Vergleich mit den bisher gefundenen Zahlen ist vielleicht nicht uninteressant; allerdings beziehen sich dieselben auf das Lufttrockengewicht. Untersuchungen über diesen Zustand unterließ ich für die Esche, einmal weil bis zur Erreichung des lufttrockenen Zustandes zuviel Zeit verstrichen sein würde, die Arbeit dadurch aufgehalten

worden wäre; später nahm ich sie nicht mehr vor, weil es fraglich ist, ob nach völliger Austrocknung das Untersuchungsmaterial soviel Wasser aufnimmt, als dasselbe im üblichen lufttrockenen Zustand besitzt; endlich aus denselben Gründen, wie sie R. Hartig im II. Bande der Untersuchungen aus dem forstbotanischen Institute zu München ausführlich mitteilte. Im Bande III jenes Werkes erörtert derselbe Forscher das Verhältnis des lufttrockenen Zustandes der Hölzer zum absolut trockenen. Auf Grund der dort mitgeteilten, auf wissenschaftlicher Grundlage beruhenden Resultate finde ich, daß das spezifische Gewicht des lufttrockenen Gewichts

	im Splint	im Kern	im Mittel aus allen untersuchten Stücken
für die Eiche um	4	3.2	3.9
„ „ Rotbuche „	3.2	2.6	2.8
„ „ Birke „	2.6	4.4	3.2
		im Kern und Mittelstück	
„ „ Fichte „	1.9	1.7	1.8
„ „ Kiefer „	1.9	2.3	2.2
„ „ Lärche „	2.1	1.9	2.0

von dem des absolut trockenen Gewichts abweicht. Diese Zahlen beweisen mir, daß im allgemeinen das Luftrockengewicht um 2,58, d. h. rund um 3 vermindert werden muß, um einen Vergleich mit dem absoluten Trockengewicht zu ermöglichen.

H. Nördlinger bezeichnet die Esche als zu den mittelschweren Hölzern gehörig mit einem spezifischen Gewichte von 70—79, somit, reduziert, von 67—76.

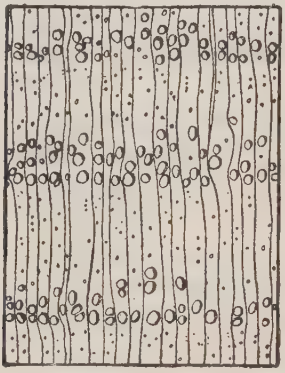
Nach J. Nördlinger beträgt das Lufttrock.-G.	66.2,	mithin das spez. Trock.-G.	63.2
„ G. L. Hartig „ „ „	69.5,	„ „ „ „	66.5
„ Karmarsch „ „ „	66.9,	„ „ „ „	63.9
„ Schubert „ „ „	64.4,	„ „ „ „	61.4
„ Jägerschmidt „ „ „	65.7,	„ „ „ „	62.7
„ Berlow „ „ „	60.0,	„ „ „ „	57.0
	76.0,	„ „ „ „	73.0
„ Ebbels und Tredgold „ „	69.0,	„ „ „ „	66.0
„ Gayer „ „ „	75.3,	„ „ „ „	72.3

Die Zahlen von Gayer kommen den von mir gefundenen am nächsten, während die andern Gewichte mehr oder weniger abweichen. Diese Vergleiche haben jedoch nur einen beschränkten Wert, indem die Angaben über Baumhöhe, Baumalter, Erziehungsart oder Standort denen die behandelten Untersuchungsstücke entstammen, fehlen.

Elementarorgane.

Bevor ich zur Schilderung der Verhältnisse der Elementarorgane übergehe, möchte ich einige allgemeine Bemerkungen vorausschicken. Die Esche ge-

hört zu den sogenannten ringporigen Hölzern, d. h. zu solchen, in deren Querschnitt die Gefäße an der Innengrenze des Jahrringes durch bedeutendere Größe ausgezeichnet sind; und unter diesen ist sie wiederum einzureihen unter jenen Laubhölzern, deren Gefäße außerhalb des Frühlingskreises gleichmäßig zerstreut oder doch nur an der Außengrenze zu kurzen peripherischen Linien vereinigt sind. Unter der Lupe erscheint der Porenkreis sehr breit und großporig und ist scharf von dem kleinporigen Sommerholze abgegrenzt. Zur Erläuterung verweise ich auf die neben stehende, vergrößert ausgeführte Zeichnung des 52. und 53. Jahresringes des Stammes III in Brusthöhe. Die kleinen Gefäße erscheinen in den verschiedenen Querschnitten teils regellos zerstreut, teils seltener zu 2 bis 5 radial angeordnet. Die Markstrahlen sind kaum erkennbar. Gleich allen Hölzern hat auch die Esche Leitungs-, Speicherungs- und Festigungsgewebe.



Ersteres setzt sich zusammen aus Gefäßen mit größerem oder kleinerem Durchmesser, dann aus ebenfalls wasserleitenden Tracheiden. Nach Eintritt der Vegetationsbedingungen gehört es zu den Hauptaufgaben des Baumes, sofort eine größere Anzahl wasserleitender Organe auszubilden, durch welche hauptsächlich der zur Zeit der Laubausbildung notwendige Wasserstrom aus den Wurzeln rasch zugeführt werden kann, womit jedoch nicht gesagt sein soll, daß die ältern Jahrringe des Splintes nicht auch mehr oder weniger an der Wasserleitung teilnehmen.

Das Speicherungsgewebe besteht aus den zahlreichen, mit bloßem Auge kaum erkennbaren Markstrahlen und dem Strangparenchym; letzteres findet sich unregelmäßig zwischen den beiden anderen Gewebsparticen in verhältnismäßig geringer Menge eingesprengt. Bei meinen spätern Untersuchungen habe ich von einer Ausscheidung der Markstrahlen und des Strangparenchyms vollständig abgesehen, da eine Quantitätsbestimmung des Markstrahlgewebes bei der Feinheit desselben außerordentliche Schwierigkeiten machen würde.

Das dritte Gewebe endlich, von dem in ganz bedeutendem Maße die Güte des Holzes abhängt, ist das Festigungsgewebe, welches hauptsächlich als sogenanntes Sommerholz entsteht. Unter normalen Verhältnissen entwickelt sich diese aus dickwandigen und englumigen Sklerenchymfasern bestehende Schichte auf das vorteilhafteste, und es ist leicht einzusehen, daß mit der größern oder geringeren Ausdehnung dieser Holzfaserregion das Gewicht des Holzes steigt und fällt.

Gegenstand der weitern Betrachtung ist nun, wie sich der Anteil dieser drei, beziehungsweise zwei Gewebe je nach Stamm, Alter, Baumteil, Höhe 2c. verhält und welche Schlüsse hieraus auf die Güte des untersuchten Holzes

der Esche gezogen werden können. Ich beschäftige mich zuerst mit dem Leitungsgewebe und schildere das Verfahren, welches die Grundlage zu den weitern Besprechungen lieferte. Aus den in 1.3 m Höhe entnommenen Quer-

Tabelle IX.

Anteil der Gewebe an der Querschnittfläche nach Prozenten.

Bezeichnung a) der Altersperiode b) der Sektionshöhen	Stamm I				Stamm II				Stamm III				Stamm IV				Stamm V				Stamm A.			
	Große Gefäße	Kleine Gefäße	Tracheiden	Sklerenchymfasern	Große Gefäße	Kleine Gefäße	Tracheiden	Sklerenchymfasern	Große Gefäße	Kleine Gefäße	Tracheiden	Sklerenchymfasern	Große Gefäße	Kleine Gefäße	Tracheiden	Sklerenchymfasern	Große Gefäße	Kleine Gefäße	Tracheiden	Sklerenchymfasern	Groß Gefäße	Kleine Gefäße	Tracheiden	Sklerenchymfasern
A.) Anteil am Holz der verschiedenen Altersperioden in 1.3 m Höhe.																								
a) 55—50	25.4	1.9	16.2	56.5	24.7	0.8	46.0	28.5	17.8	1.1	30.8	50.3	13.1	1.2	33.6	52.1	19.2	1.3	32.8	46.7				
50—45	17.5	1.0	37.2	44.3																				
45—35	14.6	1.6	24.8	59.0	14.5	1.2	34.8	49.5	11.3	0.5	32.9	55.3	9.3	1.1	28.6	61.0	19.6	1.3	35.9	43.2	10.9	2.2	23.6	63.2
35—25	5.8	0.5	26.5	67.2	13.7	1.2	30.1	55.0	9.8	1.1	32.6	56.5	14.6	1.2	36.9	47.3	10.3	0.9	35.5	53.3	12.4	1.1	23.1	63.4
25—15	4.8	0.7	22.2	72.3	4.8	1.1	16.3	78.0	5.8	1.1	23.1	70.0	8.5	1.0	22.2	68.3	6.4	1.2	18.3	74.1	8.2	0.6	39.8	51.3
15—x	3.7	1.6	20.7	74.0	5.8	1.3	21.8	71.1					3.3	1.1	25.2	70.3					5.9	0.5	24.8	68.7
b) 51. Jahrring:																								
1.3 m	25.4	1.9	16.2	56.5					17.8	1.1	30.8	50.3					19.2	1.3	32.8	46.7	10.9	2.2	23.6	63.2
4.5 „	23.2	1.8	46.0	28.9					16.4	2.7	35.1	45.7					7.3	1.8	33.3	57.6	14.6	1.4	43.5	40.4
7.7 „	21.6	4.0	31.9	42.5					17.5	2.5	29.5	50.5					14.8	1.0	33.4	50.6	7.3	0.8	42.7	49.2
10.9 „	17.9	2.7	25.5	53.9					17.0	1.3	32.3	49.4					16.5	1.3	19.7	62.5	12.9	0.9	44.5	41.6
14.1 „	11.3	1.5	18.7	68.5					13.6	1.9	34.1	50.3					12.1	1.3	32.6	53.9	11.9	1.0	36.0	51.0
17.3 „	13.1	1.8	18.6	66.5					13.6	1.9	36.4	48.0					13.6	1.1	28.9	56.4				
20.5 „	8.4	4.0	35.2	52.4					18.3	1.8	39.4	40.4					20.5	1.3	33.0	45.2				

B.) Anteil am Holz in den verschiedenen Höhen der letzten Periode. 40. Jahrring.

scheiben wählte ich für jede Altersperiode je einen Jahrring aus, der mir den Durchschnitt derselben zu repräsentieren schien, fertigte einen dünnen Schnitt und führte mit Hilfe eines Okularmikrometers unter dem Mikroskop die notwendigen Messungen aus. Zunächst ermittelte ich, wie viele Gesichtsfelder des

Mikroskops die Breite des Ringes einnehme, zählte die in jedem Felde erscheinenden großen und kleinen Gefäße; hieran schloß sich die Bestimmung der Durchmesser derselben in radialer und hiezu senkrechter Richtung und endlich das Messen der Breite der Region, welche die großen Gefäße einnahmen, und des den kleinen Gefäßen verbleibenden Teiles des Jahrringes. Die Anzahl der Gefäße reduzierte ich auf die berechnete Fläche des Gesichtsfeldes und suchte aus den gefundenen, doppelt gemessenen Durchmessern die Mittel. Ich füge bei, daß ich der Einfachheit halber die Maße der Durchmesser durch die betreffende Anzahl der Teilstriche des Okularmikrometers angegeben habe. Eine Umwandlung in Millimeter ist sofort ermöglicht, wenn ich die angegebenen Längen mit 0,0055 multipliziere; denn vermittelst des Objektivmikrometers stellte ich fest, daß bei dem von mir für diese Zahlen benutzten Systeme ein Teilstrich des Okularmikrometers = 0,0055 mm ist. Durch entsprechende Rechnung erhält man die wirkliche Fläche des Gesichtsfeldes in der Größe von 0,95030 qmm, auf welche Zahl die Flächenmessungen bezogen sind. Die beiden Reduktionszahlen stelle ich an die Spitze der betreffenden Tabelle.

Die Region der großen Gefäße glaube ich, ohne großen Fehler befürchten zu müssen, als die der Tracheiden, und die verbleibende Sommer- und Herbstholzschichte als jene der Sklerenchymfasern annehmen zu dürfen, wobei nicht nur die stattfindenden Übergänge, als auch wie oben erwähnt, das Markstrahlen- und Strangparenchym unberücksichtigt bleiben. Zu den ermittelten Durchmessern schlug ich die Kreisflächen auf, multiplizierte dieselben mit den reduzierten Zahlen; alsdann teilte ich die Fläche des Gesichtsfeldes im Verhältnis der beiden für die Region der großen und kleinen Gefäße gefundenen Zahlen und subtrahierte hievon beziehungsweise die Fläche der Gefäße. Durch Umrechnung des gewonnenen Zahlenmateriales in Prozente erhielt ich den gewünschten Aufschluß, dessen Grundlagen ich in Tabelle IX niederlege. Für Stamm I, III, V und A führte ich dieses Verfahren auch für die Höhe durch, indem ich durch alle Sektionshöhen einen bestimmten Ring verfolgte.

Was die Zahl der Gefäße in Brusthöhe betrifft, so nimmt im allgemeinen die der großen Gefäße in gleicher Weise wie die Durchmesser derselben mit dem Alter zu, was daraus zu erklären ist, daß mit der Ausdehnung der Krone zahlreichere und größere Organe geschaffen werden müssen, um den vermehrten Wasserbedarf aus dem inzwischen sich gleichfalls vergrößernden Wurzelsystem zuleiten zu können. Für die Zahl und Durchmesser der kleinen Gefäße gilt, daß bei den dominierenden Stämmen die Zahl derselben mit dem Alter abnimmt, bei den weniger herrschenden sich diese entweder gleich bleibt oder zunimmt. In der Jugend prävalieren auf der gleichen Fläche die kleinen Gefäße so sehr, daß sie zwei bis fünfmal soviel an Zahl bilden als die großen Gefäße. Ich füge der Vollständigkeit halber die Zahl und die Durchmesser der Gefäße in Tabelle VIII bei, bemerke aber, daß zur Beurteilung

Tabelle VIII.

Anzahl und Durchmesser der Gefäße. (Reduzirt auf das Gesichtsfeld = 0.95 030 qmm. Die Längen sind durch Multiplikation mit 0.0055 in mm zu verwandeln).

Bezeichnung a) der Perioden b) der Sektionshöhe	Stamm I				Stamm II				Stamm III				Stamm IV				Stamm V				Stamm A			
	Zahl der		Durchm. der		Zahl der		Durchm. der		Zahl der		Durchm. der		Zahl der		Durchm. der		Zahl der		Durchm. der		Zahl der		Durchm. der	
	großen	kleinen	großen	kleinen	großen	kleinen	großen	kleinen	großen	kleinen	großen	kleinen	großen	kleinen	großen	kleinen	großen	kleinen	großen	kleinen	großen	kleinen	großen	kleinen
	Gefäße				Gefäße				Gefäße				Gefäße				Gefäße				Gefäße			
A. In Brusthöhe.																								
a) 55—50	6	6	41	11	8	9	35	6	6	9	34	7	4	10	36	7	7	11	33	7				
50—45	6	8	34	7																				
45—35	4	8	38	9	5	10	34	7	5	3	30	8	3	9	35	7	6	8	36	8	3	11	38	9
35—25	2	4	34	7	5	10	33	7	3	7	36	8	5	10	34	7	4	7	32	7	4	7	35	8
25—15	2	8	31	6	2	7	31	8	4	9	24	7	4	8	29	7	3	6	29	9	3	7	33	6
15—x	2	10	27	8	4	11	24	7					3	9	21	7					3	6	28	6
B. In den verschiedenen Höhen.																								
b)																					40. Jahrring			
51. Jahrring: 1.3 m	6	6	41	11					6	9	34	7					7	11	33	7	3	11	38	9
4.2 „	8	9	35	9					6	13	33	9					3	11	31	8	5	9	34	8
7.7 „	7	13	35	11					6	12	34	9					7	12	29	6	3	5	31	8
10.9 „	7	21	33	7					8	11	29	7					6	15	33	6	5	8	32	7
14.1 „	5	12	30	7					6	16	30	7					5	11	31	7	7	12	26	6
17.3 „	4	11	36	8					6	16	30	7					8	12	26	6				
20.5 „	5	20	26	9					10	15	27	7					12	14	26	6				

der physiologischen Verhältnisse vor allem der prozentuale Anteil der Gewebspartieen am Jahrring maßgebend ist.

Mit der Höhe nehmen die Durchmesser der großen Gefäße entschieden ab; bei Stamm I und A jedoch viel energischer als bei III und V; es hat dies für Stamm I seinen Grund darin, daß derselbe fast Randbaum des Horstes war, von den fünf Probestämmen die größte und auf der Ostseite eine verhältnismäßig weit herabgehende Krone hatte, so daß mit zunehmender Höhe der Wasserstrom früher vermindert wurde als bei den Bäumen mit hochgedrängter Krone; ähnlich verhält es sich mit der im Freistande erwachsenen Aueesche. Ebenso läßt sich für die kleinen Gefäße eine unbedeutende Verminderung des Durchmessers mit der Höhe verfolgen.

Der prozentuale Anteil der großen Gefäße an der Querfläche des Jahrringes nimmt entschieden mit dem Alter zu, was naturgemäß mit der Zunahme des Durchmessers und der steigenden oder wenig variierenden Anzahl zusammenhängt. R. Hartig hat in seinen Untersuchungen über das Eichenholz gefunden, daß sich der Anteil der weiten Gefäße des Frühlingsporenkreises im ganzen Holze bis zum 40. Ringe von innen nach außen steigert und daß sich von da ab der Anteil der Gefäße am Holzkörper nach dem

Verhältniß der Verdunstungsgröße zur Zuwachsgröße richtet. Verschlechterung der Bodenverhältnisse oder Zunahme der Blattflächengröße in stärkerem Maße als die der Zuwachsgröße verursachen eine Steigerung des prozentualen Anteils der Gefäße am Holz.

Bezüglich der Änderung mit der Höhe sehe ich von den abnormen Verhältnissen in der obersten Krone ab, lasse somit die letzten Sektionen unberücksichtigt. Die im Vergleich zu den andern Stämmen sehr deutliche Abnahme bei Stamm I ist damit zu begründen, daß derselbe, wie erwähnt, nahe am Horstrande stand und auf der Ostseite eine starke, ziemlich tief herabgehende Krone entwickelt hatte; für die übrigen Stämme tritt ein ähnliches Verhalten ein, wie es R. Hartig für die Eiche fand, daß nämlich die Zahl der Gefäße in einer bestimmten Querschnittsfläche in der eigentlichen Baumkrone nach oben immer zunimmt; da jedoch die Weite derselben gleichermaßen abnimmt, so kann sich der Gefäßanteil im Holze gleichbleiben oder nach oben zu- oder abnehmen. Nach Eichhorns Ermittlungen steht für die Roteiche gleichfalls fest, daß mit dem Alter der prozentuale Anteil der Gefäße am Holze steigt; bezüglich der Höhe kann er jedoch einen gesetzmäßigen Verlauf nicht entdecken; in der Krone, besonders im obern Teile, findet er im Gegensatze zur Esche eine starke Abnahme. Es kann dies nur darauf beruhen, daß bei der Esche die Abnahme des Durchmessers innerhalb der Krone eine minder intensive ist als bei der Roteiche, da ja auch bei letzterer die Durchmesser in der Krone deutlich ab-, die Zahl der großen Gefäße, besonders im äußersten Gipfel stark zunehmen.

Der Anteil der Tracheiden nimmt im allgemeinen mit dem Alter zu, der des Sklerenchyms ab; es scheint daher, daß infolge der vergrößerten Wasserzufuhr zu der sich ausdehnenden Krone die Gefäße durch die wasserleitenden Tracheiden besonders unterstützt werden müssen, so daß also die leitende Schichte in der Vermehrung begriffen ist, beziehungsweise stabil bleibt, während mit abnehmender Ringbreite die Region der Sklerenchymfasern sich vermindert.

Es wäre nun der Zusammenhang zu betrachten, der zwischen dem prozentualen Anteil dieser Elementarorgane und der Substanzmenge besteht. Zur Beurteilung dieser Frage ist es notwendig, die für die großen und kleinen Gefäße ausgeschiedenen Flächen zusammenzunehmen; denn die Messungen, die ich ausführte, bezogen sich lediglich auf die Feststellung des Durchmessers der Gefäßlumina; dieselben stellen somit, abgesehen von etwaigen Thyllenbildungen, einen nur mit Luft gefüllten Raum dar; es ist daher einleuchtend, daß die Veränderungen im Anteil der Gefäße einen zwingenden Einfluß auf das Gewicht des Holzes ausüben müssen. Dies ist auch bei Beobachtung des Verhaltens der Substanz in den verschiedenen Höhen sofort ersichtlich; der ganze Anteil an Gefäßen nimmt im allgemeinen mit wachsender Höhe ab, die Masse an Tracheiden und Sklerenchym dagegen zu; demnach

wird die Substanz mehr, das Gewicht höher, was durch die erhaltenen Gewichtsbestimmungen bestätigt wird.

Nicht so deutlich tritt diese Wechselbeziehung bei Vergleich der verschiedenen Altersperioden auf. Wie wir früher gesehen haben, nimmt das Gewicht bei I und II bis zum 35. Jahre zu, fällt dann; bei IV und V ist eine Zunahme von Jugend an zu beobachten, während Stamm III den Übergang von den dominierenden zu den weniger herrschenden Bäumen bildet.

Ich suchte mir deshalb Aufklärung über diese Wechselbeziehungen noch in anderer Weise zu verschaffen; zu dem Ende fertigte ich mir für die sämtlichen Altersperioden des Stammes I aus je einem Jahrring mikroskopische Schnitte an, fügte in das Okular ein in Quadrate eingeteiltes Mikrometer ein und zählte nun für eine bestimmte Fläche die Anzahl der Sklerenchymfasern des Sommerholzes. Ich bemerke, daß ich hiebei mit Objektiv V des Seibert'schen Mikroskopes, also mit einer 610fachen Vergrößerung, arbeitete und daß die Quadratseite meiner Einheitsfläche nach Messung mit dem Objektivmikrometer 0,065 mm, somit die Fläche 0,0004225 qmm betrug. Dann maß ich für sämtliche in diesen Rahmen fallenden Organe den Durchmesser der Lumina doppelt und zog daraus den Durchschnitt. Durch Multiplikation der Anzahl der Organe mit den zu den Durchmessern gehörenden Kreisflächen erhielt ich den jeweiligen Anteil an Lumen pro Flächeneinheit. Ich beschränkte mich, da die Messungen ohnehin schon eine ganz bedeutende Zahl ausmachen, darauf nur ca. 600 Messungen zu dem genannten Zwecke auszuführen: das Resultat füge ich in der folgenden Übersicht bei:

Altersperiode	Zahl der Organe	Radius in mm	Fläche der Lumina	Fläche der Wandung	Prozentsatz des Lumens	Prozentsatz der Wandungssubstanz
55—50	33	0.000660	452	3773	10.69	89.31
50—45	27	0.000665	375	3850	8.87	91.13
45—35	25	0.000690	374	3851	8.85	91.15
35—25	32	0.000485	236	3989	5.58	94.42
25—15	35	0.000605	402	3823	9.51	90.49
15—x	27	0.000885	664	3561	15.71	84.29

Aus diesen Zahlen ist deutlich ersichtlich, daß neben dem Anteil der Gefäße am Jahrringe das Verhältnis von Lumen der Sklerenchymfasern zur Substanz von ganz bedeutendem Einfluß ist. Es wirken auf die Substanzmenge zwei Gesetze ein, einmal daß je mehr der prozentuale Anteil der Gefäße beträgt, desto leichter das Holz, das anderemal, daß je größer das Lumen der Organe, desto weniger Substanz naturgemäß vorhanden sein muß und umgekehrt. Beide Gesetze können in gleichem Sinne wirken oder sich gegenseitig ausgleichen, wie das vorliegende Zahlenmaterial beweist. Das Holz der letzten fünf Jahre hat eine Substanzmenge von 54,8, ist also am leichtesten;

Ursache ist der große Anteil der Gefäße und ein hoher Anteil des Lumens der Sklerenchymfasern; für die zweite Periode steigt die Substanz auf 56,5: geringerer Anteil der Gefäße und des Lumens; ebenso bei der nächsten Altersstufe. Zwischen dem 25. und 35. Jahre wird das Maximum erreicht wegen des verminderten Anteils der Gefäße und des sehr geringen Lumens. In der fünften Periode fällt die Substanzmenge; der Anteil der Gefäße hat sich wenig verändert, dagegen ist das Lumen erheblich gestiegen; in der letzten Periode endlich tritt eine beträchtliche Abnahme der Substanz ein; bei Gleichbleiben des Gefäßanteils nimmt die Lumengröße auffallend zu. Damit dürfte eine Erklärung für das Verhalten der Substanzmenge, beziehungsweise des Gewichts, zu Gefäßen und Lumen der Holzfasern gegeben sei: Dasselbe ist abhängig von der Anzahl und dem Durchmesser der Gefäße, es ist ferner abhängig von der Anzahl und dem Durchmesser der Lumina der Sklerenchymfasern.

Um diese Frage noch von einem andern Gesichtspunkte zu betrachten, nahm ich unter System VI mit einer 1090fachen Vergrößerung ebenfalls ca. 600 Messungen vor; ich entnahm aus der nur aus Sklerenchym bestehenden Sommerholzzone, — Herbstholz und die mit Tracheiden vermischte Übergangsregion ausgeschlossen —, Schnitte und ermittelte die Wandungsdicken, indem ich von Lumen zu Lumen zweier an einander stoßenden Fasern maß und so die doppelte Wandungsdicke erhielt. Dabei berücksichtigte ich nur solche Holzfasern, die der Querschnitt annähernd in derselben Höhe traf, während ich den Abstand vom Lumen eines in der Mitte durchschnittenen Organes von jenem einer am Ende getroffenen Faser nicht zusammennehmen konnte. Außerdem vollzog ich die Messungen nicht unter einem und demselben Gesichtsfelde, sondern wechselte und zog aus den Resultaten den Durchschnitt. Ich führte diese Ermittlungen für Stamm II in der Höhe von 7,7 m durch und fand

	für das 25—35	35—45	45—50	50—55jähr. Alter
bei einer Substanzmenge von	58,0	56,3	55,3	65,9
eine Wandungsdicke von	13,3	12,9	11,0	13,7 Teilstrichen des Mikrometers.

Aus diesen Zahlen, deren eine jede einen Durchschnitt aus beiläufig 50 Messungen vorstellt, ist zu ersehen, daß der Verlauf der Substanzmenge genau dem der Wandungsdicke der ausschlaggebenden Organe entspricht. Hieraus folgt wiederum, daß das Verhalten der Trockensubstanz nicht sowohl von dem Anteil der Gefäße, Tracheiden und Sklerenchymfasern als auch ganz besonders von dem Verhältnis des Lumens zur Wandungsdicke abhängt. Die physiologische Erklärung besteht darin, daß mit der Verbesserung der Ernährung und mit dem Steigen des Zuwachses sich auch die Holzgüte bessert, wie es auch bei der Eiche der Fall ist. Die Dickwandigkeit der Organe nimmt mit der Zufuhr von Bildungsstoffen zum Kambium zu. Daß die Ernährung besser wird, folgt daraus, daß bei den ausgezeichneten Bodenverhältnissen durch das sich ausdehnende Wurzelsystem entsprechende Nahrung zugeführt werden kann.

Um ganz sicher zu sein, führte ich nach dem geschilderten Verfahren für einige Substanzzahlen, die besonders stark differieren, eine Reihe von Messungen für verschiedene Baumhöhen durch; so fand ich für Stamm

	im Alter von	in	bei einer Substanzmenge von	eine Dicke von
I.	55—50 Jahren	1.3 m Höhe	54.8	8.4
II.	"	7.7 "	65,9	13.7
II.	55—45	1.3 "	56.2	10.0
II.	"	10.9 "	65.4	13,6
III.	"	1.3 "	61.5	11.6
III.	"	14.1 "	69.0	14.2
A	40—35	1.3 "	58.1	10.8
A	"	10.9 "	64.7	11.8

Teilstrichen.

Der Vergleich dieser Resultate ergibt deutlich, daß Substanzmenge und Dicke der Sklerenchymfasernwandung in direkter Wechselwirkung stehen und daß mit zunehmender Höhe die Wandungen sich verdicken, eine Thatsache, die dadurch zu erklären ist, daß die von der Krone nach abwärts wandernden Bildungsstoffe zuerst die obern Stammteile zu passieren haben, die daher ihren Bedarf nicht nur zeitlich früher, sondern auch vollständiger decken können, so daß oben die Herstellung dickwandigerer Organe leichter von statten gehen kann.

Es ist hier vielleicht am Platze, die Beziehungen zwischen Jahrringbreite und Holzgüte auch für die Esche einer nähern Betrachtung zu unterziehen. Bekanntlich war früher die Ansicht verbreitet, daß bei den Nadelhölzern die Güte des Holzes mit zunehmender Ringbreite sich vermindere, bei den ringporigen Hölzern sich bessere. R. Hartig hat die Unrichtigkeit dieser Behauptung bereits bewiesen und den Satz aufgestellt, daß die Ringbreite kein Maßstab für die Beurteilung der Güte des Holzes sei. Ich finde für die Esche, daß durchgängig mit dem Alter die Ringbreite abnimmt, dagegen das Gewicht im allgemeinen zunimmt; bei den im geschlossenen Bestande erwachsenen Bäumen wächst die Breite der Ringe im großen Ganzen mit der Höhe; in gleicher Weise verhält sich das Gewicht. Die Auesche dagegen verzeichnet Abnahme der Ringbreite mit wachsender Höhe, während die Güte des Holzes auch bei ihr nach oben sich bessert. Der Vergleich der fünf Bestandesesschen und des Stammes A in Bezug auf Jahrringbildung ergibt, daß diese sich durch bedeutende Breite der Ringe auszeichnet und dabei doch ein sehr gutes Holz erzeugt — kurz, eine Reihe von Verschiedenheiten, welche den Satz R. Hartig's auch für die Esche bestätigen.

Um einen weitern Einblick in den anatomischen Bau der Esche zu gewinnen, ermittelte ich im Verlaufe der weitern Untersuchung die Längen der Elementarorgane in Brusthöhe von fünf zu fünf Jahren in den verschiedenen Sektionshöhen. Zu diesem Zwecke entnahm ich aus den Querscheiben in 1.3 m Höhe aus jeder Periode einen Jahrring und zwar den 52., für I auch den

45., dann für alle den 40., 30. ꝛc. ꝛc. bis zum innersten Ring und kochte dünne Radialspähne desselben in der Schulze'schen Mazerationsflüssigkeit, bis eine Trennung der einzelnen Organe eintrat. Alsdann vollzog ich mit Hilfe des Okularmikrometers die sehr zahlreichen Messungen. Für jedes Organ nahm ich aus ca. 30 Längen das Mittel, so daß die gefundenen Zahlen darauf Anspruch haben, wirkliche Durchschnitte zu sein; ferner wurden die für den betreffenden Jahrring ausgeführten Einzelmessungen nicht aus einer einzigen Probe der mazerierten Organe entnommen, sondern stets mehrere solche benutzt und die Messungen über eine größere Anzahl von Gesichtsfeldern ausgedehnt; wiederholt wurden auch Kontrollmessungen vorgenommen. Bezüglich des Unterschiedes zwischen den Tracheiden und Sklerenchymfasern bemerke ich, daß ich als erstere nur solche in Betracht zog, die deutlich infolge der zahlreichen Tipfel zu erkennen waren, und daß ich als letztere nur solche maß, die keine Tipfel aufwiesen; somit wurden nicht ganz sicher anzusprechende Organe oder Übergangsformen unberücksichtigt gelassen.

Was die Gestalt der Organe angeht, so bemerke ich, daß die weitlumigen Gefäßglieder sämtlich gerade abgesetzt waren, nie schräge Endflächen erkennen ließen, während die kleinen Gefäße jene Form zeigten, wie sie R. Hartig für das Rotbuchenholz veröffentlichte. Abgesehen von einer gedrungenern Gestalt der Tracheiden, weichen die Organe der Esche wenig von denen des Rotbuchenholzes ab, so daß ich auf eine bildliche Darstellung Verzicht leisten kann.

Tabelle X.

Länge der Elementarorgane. (Länge zu multiplizieren mit 0.0055 mm.)

Bezeichnung	Länge der																							
	großen Gefäße	kleinen Gefäße	Tracheiden	Sklerenchymfasern	großen Gefäße	kleinen Gefäße	Tracheiden	Sklerenchymfasern	großen Gefäße	kleinen Gefäße	Tracheiden	Sklerenchymfasern	großen Gefäße	kleinen Gefäße	Tracheiden	Sklerenchymfasern	großen Gefäße	kleinen Gefäße	Tracheiden	Sklerenchymfasern	großen Gefäße	kleinen Gefäße	Tracheiden	Sklerenchymfasern
	Stamm I				Stamm II				Stamm III				Stamm IV				Stamm V				Stamm A.			
Jahresring	A. Länge der Elementarorgane in Brusthöhe (1.3 m).																							
52. „	39	45	113	257	38	38	81	224	35	40	88	208	40	44	90	215	39	42	93	211				
45. „	41	50	93	253																				
40. „	46	48	139	237	37	34	77	197	34	40	77	200	35	38	77	201	36	39	86	215	40	35	99	189
30. „	45	44	132	211	32	33	72	179	33	39	70	196	34	36	74	202	38	40	84	211	34	33	92	180
20. „	37	44	125	208	31	33	67	175	32	37	70	187	32	33	70	197	35	42	87	186	34	29	85	184
10. „	39	44	136	184	28	31	65	146					29	30	77	157					28	29	85	171
Innerst. Ring.	32	43	84	95		32	56	109	28	33	61	112		28	60	99		43	73	110		29	63	135
	B. Länge der Elementarorgane in den verschiedenen Sektionshöhen.																							
Der 52. Jahresring																					Der 40. Jahresring		
in Höhe	39	45	113	257					35	40	88	208					39	42	93	211	40	35	99	189
1.3 m	40	45	97	224					33	38	77	194					40	39	92	206	34	28	78	175
4.5 „	39	46	88	228					35	38	74	200					41	40	84	209	30	30	76	177
7.7 „	41	46	90	198					33	33	76	168					39	38	76	200	30	27	69	167
10.9 „	36	46	90	207					31	32	65	165					39	38	71	185	28	24	63	162
14.1 „	34	41	84	181					29	32	60	160					36	40	70	187				
17.3 „	31	39	77	155					28	32	57	142					30	38	59	170				
20.5 „																								

Aus den in Tabelle X erscheinenden Zahlen folgt, daß die Länge der großen Gefäßglieder mit ganz geringen Ausnahmen mit dem Alter steigt; das Gleiche hat für die kleinen Gefäße statt, nur in einem langsamern, teilweise fast stillstehenden Tempo; Tracheiden und Sklerenchymfasern nehmen von innen nach außen an Länge zu. Mit der Höhe verkürzen sich sämtliche Organe. Bezüglich des Einflusses der Organe auf das Gewicht kann man sagen, daß das Kleinerwerden der Tracheiden und Holzfasern dazu beitragen möchte, die Wandungssubstanz mit wachsender Höhe zu vermehren; für die Gewichtszunahme mit dem Alter trifft jedoch ein entgegengesetztes Verhalten zu; man wird daher einen ausschlaggebenden Einfluß der Länge der Organe auf die Güte des Holzes nicht sofort zugeben können, womit jedoch nicht gesagt sein soll, daß von der Länge, von dem Ineinandergreifen ꝛc. der Fasern etwa nicht ein Einfluß auf gewisse mechanische Eigenschaften, wie Zug- und Druckfestigkeit, ausgeübt würde.

Es bestätigt sich somit auch für die Esche die bereits von Sanio, R. Hartig, Bertog, Eichhorn und andern festgestellte Eigentümlichkeit, daß die Größe der Elementarorgane in der Jugend eine erheblich geringere ist als in höherem Baumalter und daß man auch in verschiedenen Höhen eine Abnahme von unten nach oben verfolgen kann. Über dieses Verhalten gibt R. Hartig in seiner Abhandlung über den Drehwuchs der Kiefer die Erklärung. Die Vermehrung der Initialzellen im Kambiummantel, welche mit der Umfangszunahme des Baumes nötig ist, beruht auf Querteilung der Initialfasern. Die Tochterzellen strecken sich in der durch die Stellung der Querwand vorgezeichneten Richtung, wobei sie an einander vorübergleiten. Das obere Ende der untern Zelle wächst nach oben; das untere Ende der obern Zelle streckt sich nach unten und dieses Strecken veranlaßt nicht allein eine von Jahr zu Jahr zunehmende Länge der Organe, sondern auch eine immer steilere Stellung der Querwände. Im Kambiummantel vermehrt sich also die Zahl der Initialen dadurch, daß die Enden der aus der Querteilung hervorgegangenen neuen Zellen von oben und von unten her sich zwischen die vorhandenen Initialzellen einschieben. Der Umstand, daß jederzeit die verschiedensten Organlängen neben einander sich vorfinden, erklärt sich daraus, daß dieselben aus jungen und alten Initialzellen entstanden sind, d. h. aus solchen, die eben erst eine Querteilung erfahren haben und solchen, die schon eine Reihe von Jahren sich zu strecken Zeit hatten. Es ist daher leicht verständlich, weshalb in den innersten Jahrringen die Organe noch klein sind: sie sind aus jungen Initialzellen entstanden. Im weitern Entwicklungsgange des Baumes oder des Baumteiles wird nun die Organlänge bedingt durch die Ernährung des Baumes, insoferne eine nachhaltige Steigerung in dem Wachstumsgange des Baumes auch auf das Längenwachstum der Initialzellen günstig, ein andauerndes Sinken des Baumzuwachses ungünstig einwirkt, während schnell vorübergehende Steigerungen oder Störungen des Zuwachses ohne Einfluß sind. Im entgegengesetzten

Sinne wirkt natürlich die mit dem Zuwachse verbundene Umfangszunahme des Baumteiles. Je schneller sich die Peripherie und der Kambiummantel vergrößert, desto häufiger erfolgt die Zellenvermehrung durch Querteilung der Initialzellen; das Durchschnittsalter und die mittlere Länge der Initialzellen wird dadurch herabgedrückt. Stamm I, beispielsweise, sehr rasch wachsend, weist eine schleunige Umfangszunahme auf, die eine beschleunigte Querteilung der Initialzellen nötig macht, also eigentlich eine geringe Länge der Organe zur Folge haben sollte; allein infolge Prävalierens der sehr günstigen Ernährung strecken sich die Kambialfasern schneller. Bei Stamm III und den übrigen Bäumen sind die Organe um so länger, je schwächer der Stamm ist und zwar deshalb weil beim schwächeren Stamm die Umfangszunahme eine viel geringere ist und infolgedessen eine seltenere Teilung der Organe veranlaßt wird. Aus den obigen Gründen nehmen sämtliche Organe mit der Höhe an Länge ab, weil sie eben oben jünger sind.

Ein Vergleich der einzelnen Stämme untereinander läßt erkennen, daß Stamm I in allen Altersperioden die längsten Gefäße hat, die übrigen vier verhalten sich annähernd gleich; sonst aber entspricht der Verlauf der Länge der Gefäßglieder dem der Durchmesser. In Bezug auf Tracheiden und Sklerenchymfasern nimmt die Länge aus den oben angeführten Gründen von I nach II ab, um von da bis V zu steigen; beachtenswert ist, daß die Länge der Tracheiden bei Stamm A kleiner wie I aber größer wie II bis V und die der Holzfasern von A vom 20. Jahre an mit Ausnahme des innersten Ringes kleiner wie I, III bis V und größer wie II ist.

Was die wirklichen Maße der Elementarorgane in Millimeter umgerechnet betrifft, so finde ich, daß sich der Durchmesser der großen Gefäße zwischen 0,115 und 0,225 mm bewegt, während Wiesner in seinen Rohstoffen des Pflanzenreiches eine Weite von 0,15 mm als Maximum angibt; im Sommerholz findet er einen Querdurchmesser von 0,064, während ich einen durchschnittlichen Wert von 0,047 entdeckte. Eichhorn teilt für die Roteiche einen höchsten Durchmesser der Gefäße im Frühlingsholze von 0,25 mm mit;

Organe	Länge der Elementarorgane					
	des Schaftes		der Wurzel		des Astes	
	Maximum mm	Minimum mm	Maximum mm	Minimum mm	Maximum mm	Minimum mm
Große Gefäße . . .	0.253	0.153	0.291	0.192	0.154	0.104
Kleine Gefäße . . .	0.275	0.132	0.286	0.154	0.148	0.121
Tracheiden	0.764	0.308	0.814	0.451	0.385	0.319
Sklerenchymfasern . .	1.413	0.533	[1.056*]	[0.902]*	0.819	0.522

*) Wurzelanlauf.

R. Hartig fand in seinen Untersuchungen des Baues des Eichenholzes für eine 70jähr. Eiche 0,27 mm als Maximum.

In vorstehender Tabelle gebe ich zur Übersicht die Maximalwerte der Elementarorgane für Schaft, Wurzel und Ast an:

Wurzelholz.

Zum Zwecke der Erforschung der Verhältnisse des Wurzelholzes ließ ich eine ca 50 cm unter der Erdoberfläche horizontal verlaufende Wurzel ausgraben und außer dem Wurzelanlauf nach jedem Meter einen 25 cm langen Abschnitt wegsägen. Für diese Probestücke ermittelte ich nach den oben ausgeführten Methoden die in Tabelle XI mitgeteilten Zahlen.

Tabelle XI. Wurzelholz.

Bezeichnung	Zahl der Gefäße großen	Zahl der Gefäße kleinen	Durchmesser der Gefäße großen	Durchmesser der Gefäße kleinen	Prozentualer Anteil der Gefäße großen	Prozentualer Anteil der Gefäße kleinen	Prozentualer Anteil der Tracheiden	Prozentualer Anteil der Sklerenchymfasern	Länge der Gefäße großen	Länge der Gefäße kleinen	Länge der Tracheiden	Länge der Sklerenchymfasern	Spezifisches Feuchtgewicht	Specif. Trockengewicht	Substanzmenge	Wassergehalt	Schwindeprozent
Wurzelanlauf.																	
Äußerster Jahrring	1	3	32	8	2.5	0.4	12.0	85.0	35	28	82	186	89.6	71.7	58.3	31.2	18.6
6. „	1	3	32	8	2.5	0.4	19.2	77.8	35	25	89	164					
11. „	2	5	28	6	3.9	0.4	21.3	74.4	35	30	89	192					
1. Wurzelstück.																	
Äußerster Jahrring	3	6	23	8	4.0	0.9	95.1	—	35	41	148	—	71.8	54.1	45.6	26.1	15.5
10. „	3	10	24	8	4.3	1.6	94.1	—	39	41	124	—					
20. „	3	8	24	12	4.3	2.9	92.8	—	43	45	124	—					
Innerster Jahrring	1	1	23	10	1.3	0.2	98.5	—	44	46	97	—					
2. bis 5. Wurzelstück.																	
2. Stück:																	
Äußerster Jahrring	6	5	28	13	12.0	2.1	85.9	—	47	47	124	—	62.1	40.5	35.2	26.8	13.0
3. Stück: dtto.	5	13	29	12	10.6	4.7	84.7	—	52	47	103	—	60.7	41.2	36.0	24.6	12.7
4. „ dtto.	6	15	30	9	13.6	3.1	83.3	—	53	52	110	—	62.6	46.3	40.8	21.8	11.8
5. „ dtto.	8	8	28	10	15.8	2.0	82.2	—	47	48	100	—	61.7	—	39.9	21.7	

Der Wurzelstock, beziehungsweise die Wurzelanläufe, haben die ganze Last des Schaftes, der Äste, Zweige und Blätter zu tragen; ferner haben dieselben eine bedeutende Widerstandskraft gegen den Druck auszuüben, der durch den in der Krone angreifenden und deshalb mit starkem Hebel wirkenden Wind erzeugt wird; es muß somit die Druck- und Biegungsfestigkeit daselbst durch den anatomischen Bau begünstigt werden. Wie aus den Zahlenreihen ersehen werden kann, ist der Durchmesser der weitlumigen Gefäße des Wurzelanlaufes verhältnismäßig klein, der prozentuale Anteil derselben und der der Tracheiden ebenfalls gering, während die Region der Holzfaserschicht eine ungewöhnlich hohe, 74,4 bis 85,0 Prozent ist. Da hier sehr viel Festigungsgewebe produziert wird, gleichzeitig aber auch die notwendigen Leitungsorgane vorhanden sein müssen, so erklärt sich hieraus das vermehrte Dicken-

wachstum an dieser Stelle. Bemerkenswert ist, daß je größer die Anforderungen an die Widerstandskraft des Stockes sind, desto geringer der Anteil der Tracheiden, desto bedeutender jener des Sklerenchyms wird. Das spezifische Gewicht des Anlaufs erscheint daher etwas höher als das mittlere der untersuchten Klassenstämme.

Eine bedeutender Unterschied macht sich bereits in dem ersten Wurzelstück geltend; der Anteil der Gefäße und Tracheiden steigt, die Durchmesser der Gefäße werden geringer, diese selbst jedoch zahlreicher, die Organe länger, das Trockengewicht und die Substanzmenge erheblich geringer. In diesem Teile und mit der fortschreitenden Entfernung vom Stock verringert sich die mechanische Aufgabe sehr rasch und das Gewebe beschäftigt sich hauptsächlich mit der Wasser- und Nährstoffleitung und der Reservestoffanhäufung. Es drückt sich dies auch in den gefundenen Zahlen deutlich aus, da die Anzahl der Gefäße, dann der Anteil derselben steigt, die Substanzmenge sich bis zum zweiten Stück stark vermindert, dann langsam wieder zunimmt.

R. Hartig hat schon früher den Satz aufgestellt, daß durch die Breitringigkeit im Wurzelanlauf vielleicht allein die mechanische Aufgabe der Bäume gelöst werden könne und hat ferner den Gedanken ausgesprochen, daß im Wurzelstock, wenigstens der großkronigen Bäume, auch ein Wasserreservoir zu suchen ist, daß also der Baum durch Erzeugung breiter Ringe mit viel Leitungsgewebe zwei Aufgaben zu erfüllen sucht, nämlich Vergrößerung des Wasserreservoirs und Festigung des Baumes durch Anschwellen des Stammes. Damit wäre auch der außerordentlich hohe Wassergehalt von 31,2 im Wurzelanlauf erklärt.

In Bezug auf die Länge der Organe nehmen die Gefäße zu, die Tracheiden dagegen mit der Entfernung vom Wurzelstock ab.

Der Vergleich des Wurzelholzes mit dem Stammholze ergibt demnach, daß in der eigentlichen Wurzel die Durchmesser der großen Gefäßglieder im allgemeinen kleiner, die der kleinen größer sind als jene des Stammes, daß das Festigungsgewebe der Wurzel zu Gunsten der leitenden und aufspeichernden Thätigkeit zurücktritt und daß endlich die spezifischen Trockengewichte und Substanzmengen bedeutend kleiner sind.

Ich füge bei, daß eine Ausscheidung des Strang- und Strahlenparenchyms auch hier unterblieb; doch konnte ich mich durch Behandlung von Schnitten durch verschiedene ächte Wurzelteile mit Jod überzeugen, daß in dem Strangparenchym, sowie in den Markstrahlen reichliche Mengen an Stärke eingeschlossen waren und daß der Vorrat an solcher von innen nach außen abnehme.

Astholz.

Von der in der Au gefällten Esche ließ ich mir behufs Untersuchung des Astholzes einen ca. 7 m langen Ast absägen, bezeichnete genau die Oberseite und ließ an der Astbasis und von Meter zu Meter je eine 2 cm dicke Scheibe und ein 18 cm langes Stück abschneiden. Für die erhaltenen Stücke

führte ich nach den genannten Methoden getrennt für Ober- und Unterseite dieselben Erhebungen wie für das Stammholz aus. Tabelle XII gibt über die Verhältnisse Aufschluß. Nach Messung des obern und untern Radius auf den einzelnen Querscheiben erhielt ich durch Division mit der Jahrringzahl die durchschnittliche Ringbreite. Diese zeigt eine interessante Erscheinung; während dicht am Schafte die größere Ringbreite sich unten findet, sind bereits in 1,20 m Entfernung von der Astbasis obere und untere Breite ganz gleich; im weitern Verlauf kommt dann erst die für die

Tabelle XII. Astholz.

Entfernung von der Ostbasis	Zahl				Durchmesser				Prozentualer Anteil								Länge								Durchschnittliche Breite des Jahrringes	
	der groß.		der klein.		der groß.		der klein.		der groß.		der klein.		der Tracheiden		d. Sklerenchymfasern		der groß.		der klein.		der Tracheiden		der Sklerenchymfasern		mm	
	Gefäße				Gefäße				Gefäße								Gefäße									
m	oben	unten	oben	unten	oben	unten	oben	unten	oben	unten	oben	unten	oben	unten	oben	unten	oben	unten	oben	unten	oben	unten	oben	unten	oben	unten
0 - 0.20	7	3	20	12	19	20	5	6	6.4	3.0	1.2	1.0	24.0	21.1	68.3	74.8	19	21	22	22	68	70	146	149	1.18	1.62
.20—1.40	7	7	17	11	24	29	7	7	10.1	14.8	2.0	1.3	60.0	42.3	27.9	41.5	23	24	22	23	64	67	134	146	1.00	1.00
.40—2.60	5	8	13	28	21	31	6	6	5.5	19.4	1.1	2.5	37.3	28.0	56.0	50.1	25	25	24	25	60	62	143	108	1.50	0.85
.60—3.80	7	10	12	28	25	24	7	6	11.0	14.5	1.4	2.5	41.2	38.1	46.4	44.9	26	25	27	26	60	62	149	102	1.52	1.06
.80—5.00	5	8	12	24	24	25	6	6	7.3	12.6	1 0	2.1	47.0	44.6	44.6	40.7	27	26	26	26	61	62	142	103	1.35	0.97
.00—6.20	5	10	18	36	22	21	7	5	6.1	11.1	2.2	2.2	24.7	41.3	67.0	45.4	28	25	27	27	58	58	135	95	1.18	0.95

Spezifisches Trockengewicht		Substanzmenge		Schwindeprozent	
oben	unten	oben	unten	oben	unten
79.3	70.3	66.6	62.0	16.0	11.8
73.2	62.5	62.4	57.0	14.8	8.7
74.8	60.1	63.4	55.1	15.2	8.3
65.1	60.1	57.2	54.2	12.1	9.7
68.7	65.8	60.1	55.8	12.8	9.6
66.4	61.2*	57.5	58.0*	13.3	0.52*

Laubhölzer charakteristische Epinastie in vollkommener Regelmäßigkeit zum Vorschein. Diese rührt offenbar von der Ernährung des Astes her; denn ich hatte beobachtet, daß sämmtliche Zweige auf der obern Seite entspringen, so daß dieser in erster Linie die in den Blättern erzeugten Bildungsstoffe zu Gute kommen und daß infolge dieser Einseitigkeit der größere Zuwachs an der beasteten Stelle stattfindet. Bis zu 1,30 m Entfernung vom Schafte waren keinerlei kleine Äste vorhanden; erst von hier ab treten solche auf und trotz

abnehmender Dicke werden nun infolge jener Erscheinung oben Ringe erzeugt, die durchgehends an Breite jene der Unterseite übertreffen.

Die Betrachtung des spezifischen Trockengewichts und der Substanzmenge zeigt, daß dieselben auf der Oberseite erheblich überwiegen. Dicht am Stamme findet sich ein außerordentlich hohes Gewicht des Holzes, das jenes am Wurzelanlauf weit übertrifft und nur durch das in der Krone der Stämme erzeugte in vereinzelten Fällen erreicht wird. An der Basis konzentriert sich die höchste mechanische Leistung, indem hier das Gewicht des Astes an seinem Befestigungspunkte wirkt. Der Ast bildete mit der untern Stammachse einen Winkel von ca. 120°; es ist klar, daß je nach der Stellung des Astes zum Schafte sich die Leistung der Ober- und Unterseite ändern wird. In unserm Falle scheint die Oberseite mehr beansprucht gewesen zu sein; denn sie hat ein erheblich schwereres Holz produziert, um der mechanischen Aufgabe Genüge leisten zu können. Im weitern Verlaufe sinkt das Gewicht, um dann unbedeutend zu steigen, stärker zu fallen, wiederum zuzunehmen, ohne jedoch eine frühere Höhe zu erreichen; es scheint, daß diese Verschiedenheiten mit dem mehr oder weniger zahlreichen Auftreten der Nebenäste in Verbindung gebracht werden können.

Was die Elementarorgane im Aste angeht, so möge aus der Tabelle ersehen werden, daß die Zahl der Gefäße im allgemeinen von 1,4 m an unten eine größere ist, während bis zu dieser Stelle das umgekehrte Verhältnis vorherrscht; der Durchmesser der weitlumigen Gefäße erscheint, abgesehen von ganz geringen Unterschieden, unten größer. Merkwürdig ist auch das Verhalten der prozentualen Anteile; während an der Astbasis die großen Gefäße überwiegen, ist von hier ab regelmäßig die Unterseite reichlicher mit solchen versehen; die Tracheiden sind mit Ausnahme des äußersten Teiles oben mehr vertreten, während das Sklerenchym in 0,2 und 1,2 bis 1,4 m Entfernung unten stärker vorkommt, von hier ab jedoch herrschend nach oben übergeht. Es ist dieses Verhalten jedenfalls wie bei dem Stamme der bessern Ernährung im obern Teile zuzuschreiben.

Der Vergleich von mikroskopischen Schnitten der obern und untern Seite der Astbasis ergab, daß bei ersterer eine auffallend regelmäßig isodiametrisch ausgebildete Sklerenchymschichte vorhanden ist, während bei letzterer teilweise eine etwas abgerundetere Gestalt mit Interzellularräumen ersichtlich war. Diese Abrundung der Organe auf der untern Seite ist höchst wahrscheinlich eine Folge des Astgewichts, durch welche ein Längsdruck auf die Organe bei ihrer Entstehung ausgeübt wird. R. Hartig hat in seinen Untersuchungen über das Rotholz der Fichte mitgeteilt, daß bei demselben zunächst durch das gleichmäßige Wirken des hydrostatischen Druckes auf alle Wandflächen eine Abrundung der Zellwände veranlaßt wird; ferner daß behufs größerer Festigkeit und Widerstandsfähigkeit dickwandigere Tracheiden ausgebildet werden und daß die sekundären Verdickungsschichten eine eigenartige Spiralstruktur zeigen.

Es scheinen sich in dieser Beziehung Fichten- und Eschenast etwas abweichend zu verhalten. Die verhältnismäßig dünn bleibenden Äste der Fichte haben die ganze, große Last der Nadeln Sommer und Winter hindurch zu tragen; im Winter tritt die oft ziemlich bedeutende Menge Schnee noch hinzu, während der Eschenast die nicht allzu dichte Belaubung während der Vegetationsruhe verliert. Bei der Esche scheint daher infolge der bedeutend geringern mechanischen Leistung die Entwicklung eines mechanischen Gewebes auf der Unterseite, abgesehen von der Basis, nicht so notwendig zu sein als bei den immergrünen Nadelhölzern; insoweit jedoch das Gewicht des Astes zu tragen ist, wird diese Aufgabe zum großen Teil durch das Dickenwachstum gelöst.

Die vorgenommenen Messungen der Wandungsdicken ergaben keinen nennenswerten Unterschied, indem ich als Durchschnitt oben 8,80, unten 8,67 Teilstriche des Okularmikrometers erhielt. Die Länge der Organe weicht für die Gefäße unbedeutend ab; dagegen sind die Tracheiden auf der untern Seite länger, die Holzfasern bis 1,4 m unten, dann aber oben beträchtlich länger.

Aus Vorstehendem glaube ich schließen zu dürfen, daß für die Esche, beziehungsweise für den untersuchten Ast die untere Seite mehr der leitenden Thätigkeit zugewiesen ist und daß sie weniger gutes Holz als die Oberseite erzeugt.

Entastung.

Gelegentlich der Gewinnung des Untersuchungsmateriales konstatierte ich an Ort und Stelle, daß bei Stamm I und II vor fünf, beziehungsweise 11 Jahren in einer Höhe von 7,4, beziehungsweise 5,2 m je ein starker Ast weggesägt worden war. Auf den Querscheiben von Stamm V bemerkte ich, daß vor 22 Jahren eine gewaltsame Beeinflussung der Zuwachsverhältnisse eingetreten sein müsse, über deren Beschaffenheit jedoch nichts sicheres zu sagen ist; bei der Fällung hatte ich äußerlich nichts bemerken können; es scheint jedoch, daß diese Störung analog den für I und II gefundenen Resultaten einer Entastung zugeschrieben werden kann, die dann zwischen 7,7 und 10,9 m Höhe stattgefunden hätte. Ich wiederhole, daß ich in der schematischen Darstellung der Probestämme, sowie in den betreffenden Tabellen diese Beeinflussung des Zuwachsganges gekennzeichnet habe und verweise hiebei auf meine Ausführungen über den Flächenzuwachs.

Wenn ich die Wirkung dieser wirtschaftlichen Manipulation der Ausastung in Bezug auf das Verhalten der Ringbreite verfolge, so ist zu erkennen, daß bei Stamm I und II nach der Ästung und unter der betreffenden Stelle die Jahrringe schmäler werden, daß sie bei I über der Ästungsstelle breiter werden, denn vorher. Bei II nimmt oben die Ringbreite zunächst noch ab, um dann zu steigen und teilweise die vor dem Eingriffe des Menschen vorhandene Breite zu übertreffen. Bei Stamm V sind die ersten Ringe unmittelbar nach der Zuwachsstörung und unter der fraglichen Stelle sehr eng geworden.

Der Flächenzuwachs von Stamm I ist nach der Entastung unterhalb der Abnahmestelle geringer geworden, oberhalb erheblich gestiegen; bei Stamm II hat sich der Flächenzuwachs unter und über 5,2 m während der folgenden fünf Jahre verringert; im nächsten Quinquennium ist er ober der Aststelle teilweise größer geworden als in der der Entastung vorangegangenen Periode. Stamm V zeigt ein ähnliches Verhalten.

Von Interesse erscheint auch die Veränderung des Gewichts. Bei I und II wurde dasselbe unter der fraglichen Stelle geringer, oberhalb bedeutend besser als vorher. Bei V nahm die Güte unten während der ersten 10 Jahre nach der Störung ab, besserte sich in der Folge, während oben durchgehends eine Verbesserung der Qualität eintrat. Ich glaube berechtigt zu sein, diese Schwankungen der Gewichtsverhältnisse mit der Ästung in unmittelbaren Zusammenhang bringen zu dürfen.

Nach R. Hartig ist der Zustand des Baumes der normale, bei welchem Gleichgewicht zwischen Blatt- und Wurzelvermögen vorhanden ist; je größer beides ist, desto größer ist auch der Zuwachs des Baumes. Ungünstig dagegen stellt sich das Verhältnis, wenn sich einseitig das Blattvermögen in höherem Maße als das Wurzelvermögen vermehrt; der Zuwachs bewegt sich dann auf einer geringeren Stufe als es der ganzen Blattfläche zukommen würde; jedes einzelne Blatt arbeitet nicht mit der vollen Energie, da in diesem Falle mehr Blätter zur Entwicklung gelangen als notwendig sind, um die aus dem Boden bezogenen Nährstoffe zu verarbeiten. In diesem Falle wäre es zweckmäßig, von Seite der Wirtschaft regulierend in das Verhältnis einzugreifen und einen Teil der Äste und Blätter zu entfernen. Da aus leicht erklärlichen Gründen die Ästung von unten auf erfolgt, so steigert sich über dieser Stelle der Zuwachs oft ganz bedeutend. Die übrig bleibende Blattfläche wird zu lebhafterer Thätigkeit angeregt, da ihr nunmehr die mineralischen Nährstoffe zugeleitet werdeu, die vorher in den weggenommenen Ästen verarbeitet wurden; die Untersuchung beweist, daß sich alsdann im untern Stammteile die Zuwachsgröße entsprechend vermindert.

Dieses Eingreifen von Seite des Menschen wird sich meist nur bei den im Freistande erwachsenen Bäumen oder in lichter gewordenen Beständen zweckmäßig erweisen, während in dicht geschlossenen die Bäume mit beschränkter Kronenentwicklung in dem gut beleuchteten Gipfel mit voller Kraft assimilieren, da unter normalen Verhältnissen die aus dem Boden zugeführte Nahrung mehr als vollständig genügt, um den Assimilationsbedarf zu decken. In solchem Falle würde sich eine Ästung als schädlich erweisen, da dadurch die Nährstoffe des Bodens noch weniger ergiebig ausgenützt werden könnten. Die Folge einer derartigen Behandlung müßte ein sehr stark verringerter Zuwachs, jedoch ein ganz ausgezeichnetes Holz sein. Im geschlossenen Bestande kann das Blattvermögen zu gering sein, um das ganze Wurzelvermögen zur Geltung kommen zu lassen; in diesem Falle würde eine starke Durchforstung, durch

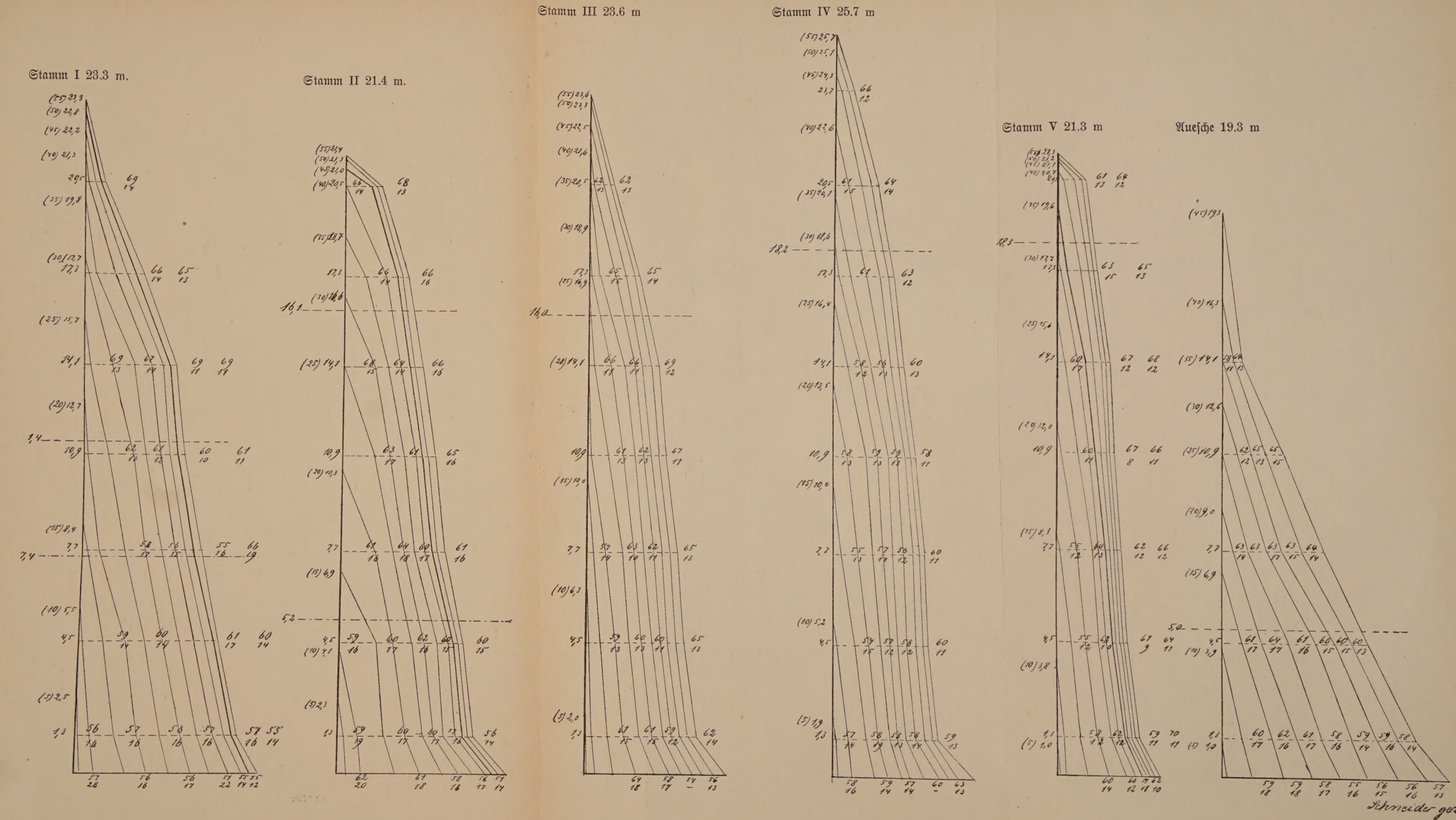
welche die Entwicklung der Krone befördert wird, eine Zuwachssteigerung zur Folge haben; wenn gleichzeitig infolge der Lichtung eine Steigerung der Bodenkraft Hand in Hand geht, so wird auch die Qualität zunehmen.

Nach dem vorliegenden Zahlenmateriale scheint für Stamm I die vor fünf Jahren ausgeführte Ästung notwendig gewesen zu sein, denn der Zuwachs zeigte sofort eine lebhafte Steigerung; ähnliches gilt für Stamm II. Sollte bei V eine Ästung die Ursache der plötzlichen Zuwachsstörung sein, so würde dadurch zu stark in die Entwicklung des Baumes eingegriffen sein; denn der zunehmende Flächenzuwachs wurde plötzlich sehr stark verringert und es war dem Baume während der letzten 22 Jahre nicht möglich, den vorherigen Zuwachs wieder zu erreichen. Es würde sich meine obige Behauptung bestätigen, daß bei einem zu sehr verringerten Blattvermögen ein sehr gutes Holz erzeugt wird.

Ergänzend habe ich hier noch anzuführen, daß ich bei Mitteilung des Flächenzuwachses für Stamm V drei Jahre vor der Zuwachsstörung und zwei nach derselben zusammenfassen und diese Summe zur vorhergehenden 25 bis. 30 jährigen Periode hinzufügen mußte, da die Bestimmung des Gewichts ꝛc. ꝛc für 10jährige Altersperioden vorgenommen wurde; dasselbe geschah bezüglich der Ringbreite.

Tabelle IV. Schematische Darstellung der sechs Klassenstämme.

Maßstab Höhe 1 : 150. Durchmesser 1 : 10.



J. P. Himmer'sche Buchdruckerei, Augsburg